



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA -UniCEUB

CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Rubens de Lima e Souza

**AUTOMATIZAÇÃO DE CHUVEIRO COM MISTURADOR DE ÁGUA
QUENTE/FRIA ATRAVÉS DE CONTROLE DE TEMPERATURA E VAZÃO DA
ÁGUA**

Orientador: Prof^a. M.C. Maria Marony Sousa Farias

Brasília

junho, 2012

RUBENS DE LIMA E SOUZA

**AUTOMATIZAÇÃO DE CHUVEIRO COM MISTURADOR DE ÁGUA
QUENTE/FRIA ATRAVÉS DE CONTROLE DE TEMPERATURA E VAZÃO DA
ÁGUA**

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília
(UniCEUB) como pré-requisito
para a obtenção de Certificado de
Conclusão de Curso de Engenharia
de Computação.

Orientador: Prof^a. M.C. Maria Marony Sousa Farias

Brasília

junho, 2012

RUBENS DE LIMA E SOUZA

**AUTOMATIZAÇÃO DE CHUVEIRO COM MISTURADOR DE ÁGUA
QUENTE/FRIA ATRAVÉS DE CONTROLE DE TEMPERATURA E VAZÃO DA
ÁGUA**

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília
(UniCEUB) como pré-requisito
para a obtenção de Certificado de
Conclusão de Curso de Engenharia
de Computação.

Orientador: Prof^a. Ma. Maria Marony Sousa Farias

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação,
e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas -
FATECS.

Prof. Abiezer Amarília Fernandes
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof^a. Maria Marony Sousa Farias, Mestra.
Orientador

Prof. Luís Cláudio Lopes de Araújo, Mestre.
Centro Universitário de Brasília - Uniceub

Prof. Antonio Barbosa Júnior, Especialista.
Centro Universitário de Brasília - Uniceub

Prof.^a Vera Lucia Farini Alves Duarte, Mestra.
Centro Universitário de Brasília - Uniceub

DEDICATÓRIA

Dedico essa monografia à minha esposa Luisa
e meus filhos Isabella e Matheus.

AGRADECIMENTOS

A Deus que está presente em meus passos iluminando minha vida

A minha família, pelo apoio nas realizações e desafios.

A minha esposa Luisa que sempre me ajuda em todos os momentos

A Manuella Thereza que me ajudou no desenvolvimento prático do projeto.

E a todos os colegas com quem estudei que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	x
Lista de abreviaturas e siglas	xi
Resumo	xiii
Abstract	xiv

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO 1

1.1 – Apresentação do Problema	1
1.2 – Objetivos do Trabalho	2
1.3 – Justificativa e Importância do Trabalho	2
1.4 – Escopo do Trabalho	3
1.5 – Resultados Esperados	4
1.6 – Estrutura do Trabalho	4

CAPÍTULO 2 - A ÁGUA E O RISCO DE ESCASSEZ 6

2.1 – A água no planeta	6
2.2 – A água no Brasil	9
2.2.1 – Legislação brasileira	10
2.2.2 – Iniciativas Empresariais no tema Água	11

CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO..... 13

3.1 – Mecânica dos fluidos e circuitos hidráulicos	13
3.1.1 – Propriedades físicas da água	13
3.1.2 – Escoamentos	16
3.1.2.1 – Equações fundamentais dos escoamentos	16
3.1.2.2 – Escoamento em condutos forçados simples	19
3.2 – Registros e válvulas hidráulicas	24
3.3 – Sensores de temperatura	25
3.4 – Sensores de vazão	27
3.5 – Motores de passo	29
3.6 – Componentes eletrônicos	31
3.7 – Linguagem de programação	35

CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO CHUVEIRO AUTOMÁTICO	36
4.1 – Visão geral do chuveiro automático	36
4.2 – Descrição das partes do modelo	37
4.2.1 – Especificação do sistema hidráulico	38
4.2.2 – Sensor de temperatura	39
4.2.3 – Válvula proporcional desenvolvida	42
4.2.4 – Sensor de vazão	43
4.2.5 – Interface de controle	44
4.3 – Implementação do modelo	45
4.3.1 – Implementação do <i>hardware</i>	45
4.3.2 – Implementação do <i>software</i>	48
4.4 – Problemas na implementação da solução	54
CAPÍTULO 5 – APLICAÇÕES DO SISTEMA	55
5.1 – Justificativa da aplicação do sistema	55
5.2 – Verificação das melhorias para a aplicação do sistema	55
5.3 – Custos do sistema	56
5.4 – Avaliação e resultados	58
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6.1 – Conclusões	59
6.2 – Sugestões para Trabalhos Futuros	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICES	63
Apêndice A – Código do Programa	63
ANEXOS	73
Anexo A – Manual de instruções do sensor 8030	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Distribuição da água no mundo	7
Figura 2.2: Distribuição do consumo de água no Brasil	11
Figura 3.1: Viscosidade Absoluta	14
Figura 3.2: Equação de Bernoulli	18
Figura 3.3: Registro de pressão	25
Figura 3.4: Curva característica de um sensor NTC	26
Figura 3.5: Sensor NTC utilizado	26
Figura 3.6: Princípio de funcionamento do sensor de efeito HALL	28
Figura 3.7: Atuador e sensor de efeito HALL	28
Figura 3.8: Sensor de vazão tipo 8030	29
Figura 3.9: Tipos de rotores de motores de passo	30
Figura 3.10: Tipos de estatores de motores de passo	31
Figura 3.11: Operação em passo completo e meio passo	31
Figura 3.12: Transistores NPN e PNP	33
Figura 3.13: LCD JHD204A	33
Figura 3.14: PIC16F877	34
Figura 4.1: Modelo do chuveiro automático	37
Figura 4.2: Interface de controle do sistema	37
Figura 4.3: Gráfico da tensão no resistor de medição de temperatura	41
Figura 4.4: Tensão no resistor, gráfico por aproximação linear	41
Figura 4.5: Sensor de temperatura no sistema	41
Figura 4.6: Válvula proporcional	42
Figura 4.7: Interface de controle do motor de passo	42
Figura 4.8: Gráfico do sensor de vazão	43
Figura 4.9: Sensor de vazão no sistema	44
Figura 4.10: Interface de controle	45

Figura 4.11: Visão geral do sistema	46
Figura 4.12: <i>Hardware</i> do circuito lógico	47
Figura 4.13: Visão da montagem de simulação na ferramenta Proteus	47
Figura 4.14: Ilustração da posição dos pinos do microcontrolador utilizados	48
Figura 4.15: Fluxograma do projeto	49
Figura 5.1: Proposta de melhoria do sistema para retenção de água fria	56

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Viscosidade cinemática da água	16
Quadro 1 - Perda de carga em conexões – comprimento equivalente para tubo rugoso	23
Quadro 2 - Perda de carga em conexões – comprimento equivalente para tubo liso	23
Tabela 2 – Leitura e ajustes do sensor de temperatura	40
Tabela 3 – Leitura e ajuste dos dados de vazão	43
Tabela 4 – Custos de implementação do sistema	57

Lista de abreviaturas e siglas

Ω	Ohms
$^{\circ}\text{C}$	graus célsius
$\Delta h'$	perda de carga contínua
$\Delta h''$	perda de carga localizada
A	Área
A	Ampère
A/D	Analógico / Digital
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
cc	indica sistemas com alimentação contínua de corrente ou tensão
CCS	Custom Computer Service
f	frequência
g	aceleração da gravidade
K	Fator específico de ajuste do sensor 8030, dependente da base utilizada
Kg/m³	Unidade de densidade no SI
kPa	Quilo Pascal
l	Litros
LCD	<i>Display</i> de cristal liquido
LED	Diodo Emissor de Luz
m/s	Metros por Segundo
m	Massa
m	metros

min	minutos
MRV	motores de relutância variável
NBR	Norma Brasileira
NTC	<i>Negative Temperature Coefficient</i>
P	Pressão média
PIC	Programmable Interface Controller
Q	Visa
SI	Sistema Internacional
U	Velocidade
V	volume
V	Tensão em volts

RESUMO

O consumo de água em nosso planeta vem crescendo rapidamente com o aumento de renda da população. A preocupação em utilizar melhor esse recurso nunca esteve tão evidente em contrapartida ao gasto. O objetivo deste trabalho é realizar a automação de um chuveiro alimentado a partir de tubulações fria e quente. Esse sistema realizará o controle da temperatura e da vazão e de saída da ducha. Para tanto utilizará sensores de fluxo em temperatura, além de válvula proporcional. Essa automação proporcionará uma economia de tempo e gasto de água no banho e no final informará os dados de consumo: tempo e volume de água gastos. Esse sistema além da automação proposta incentivará o usuário a verificar seu perfil de consumo permitindo uma mudança de atitude que gere mais economia. Espera-se que a tecnologia produzida possa ser incorporada pela população gerando benefícios em relação ao consumo de água e à maneira com ela é tratada no dia-a-dia.

Palavras Chave: Chuveiro. Automação. Água.

ABSTRACT

The consumption of water on our planet is growing rapidly with the increase of population income. The concern for better use of this feature has never been more evident in contrast to the expense. The objective of this work is the automation of a shower fed from cold and hot pipes. This system performs the control of temperature and flow out of the shower. For it, uses both sensors flow temperature, and proportional valve. This automation will lead to savings in time and expense of water in the bath, the final report consumption data: time and volume of water costs. This system of automation proposed addition will encourage you to check consumption profile to be a more green. It is expected that produced technology can deliver real benefits to people in the future.

Keywords: Shower. Automation. Water.

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO

Á água é um recurso de grande importância para a manutenção da vida. Sem ela é impossível a concepção de vida como conhecemos. Por ser um recurso finito é necessária sua conservação, sobretudo evitando o desperdício. A água potável, que utilizamos em nosso dia a dia, é mais escassa ainda, por isso medidas que venham a racionalizar seu uso são valorosas para a população.

Apesar de seu grande valor e relativa escassez: apenas cerca de 2,5% da água na Terra é doce e a grande maioria dessa está inacessível ao consumo (SHIKLOMANOV, 1998 apud TUNDISI, 2005), são poucas as medidas adotadas para a o consumo racional da água, principalmente quando se depara com hábitos de consumo cada vez mais ávidos por recursos disponíveis. É fácil perceber o desperdício nos grandes centros.

Em relação ao consumo de água um fator importante também é seu preço. Quando nos deparamos com a água dos rios ou nas nascentes prontas para o uso verificamos o contraste do bem de domínio público garantido pela constituição e a água que recebemos em casa, que o processo de tratamento e distribuição agregam valor. Apesar de ser um bem relativamente abundante em nosso país temos nos deparado com aumentos nas tarifas de água e esgoto e se compararmos as tarifas às de países com menor abundância perceberemos que ainda veremos tarifas maiores no futuro.

1.1 - Apresentação do Problema

Um dos usos que mais contribui para o aumento do consumo da água em residências é a água utilizada para o banho que responde por uma grande parcela do consumo residencial. Cerca de 50% do consumo de 180l por dia por pessoa (estudo realizado em Países da Europa e Estados Unidos) são decorrentes dos gastos com higiene pessoal: lavagens, toalete e banho (PÁDUA, 2006).

O consumo de água para o banho impulsionado pelo desejo de ter mais conforto confronta o uso racional e colabora para que sejamos reconhecidos como grandes desperdiçadores.

Uma grande parte desse consumo é percebido enquanto ajustamos a quantidade de água: vazão e a temperatura do banho ideal. Como equilibrar a equação de consumo e conforto na utilização da água para o banho?

1.2 - Objetivos do Trabalho

O objetivo desse projeto é produzir uma solução automática para ajuste de vazão e temperatura do chuveiro, garantindo menor consumo e maior conforto no banho.

Objetivos específicos:

- Ajustar a vazão de cada canal (quente/frio) da água;
- Mostrar a temperatura da água misturada;
- Mostrar a vazão da água misturada;
- Ajustar a vazão do sistema para o nível desejado de vazão e temperatura;
- Registrar o consumo de água e o tempo gasto no banho.

1.3 - Justificativa e Importância do Trabalho

O consumo de água vem crescendo atualmente, apesar do uso racional da água ser um assunto discutido largamente. Temos em nosso dia a dia uma postura de consumo que supera a necessidade, principalmente entre os níveis de maior renda. O aumento de renda da população é sentido pelo aumento do consumo de bens e a água está entre deles. Quando a renda cresce nossas necessidades aumentam e estamos menos dispostos a abrir mão do conforto que nos é proporcionado. Isso pode ocorrer por não sabermos o quanto consumimos durante nossas atividades. Uma saída para equacionar conforto e consumo é a automatização do chuveiro, que representa o terceiro maior consumo de uma residência, atrás apenas da máquina de lavar roupas, e da lavagem de louças. (TUNDISI, 2005).

A automatização é uma tendência natural de uma sociedade que está cada vez mais cercada de tecnologia. Os custos caem na medida em que os processos se especializam. Em um primeiro momento podemos pensar que o custo de implantação de um sistema de chuveiro automático é muito alto em relação à seus benefícios, porém a estimativa de desperdício de

água durante o banho chega a absurdos 45%. (GIBBONS, 1987 apud TUNDISI, 2005). O registro do tempo de banho e do consumo de água certamente causará uma reflexão maior sobre o uso desse bem. Essa aplicação tem larga escalabilidade e trará grandes resultados em termos de redução de consumo e consequente redução da conta de água.

1.4 - Escopo do Trabalho

A automatização do sistema de chuveiro quente/frio com boiler é realizada com a automatização dos registros de pressão das águas quente e fria, além do monitoramento da temperatura e da vazão da água misturada. Os dados de consumo e tempo são mostrados após o uso.

O protótipo desenvolvido será de fácil manuseio pelo usuário contendo:

- Chave geral;
- Chave liga a ducha;
- Botões de ajuste de temperatura (2);
- Botões de ajuste de vazão (2);
- *Display* de LED.

Para ligar o sistema o usuário deve ligar a chave geral, ajustar temperatura e vazão e ligar o chuveiro. Durante o banho ele deve desligar e ligar o chuveiro quantas vezes necessitar e desligar o sistema na chave geral após o banho. O sistema informa o tempo de banho em que o chuveiro ficou ligado e a quantidade de água gasta no banho.

Esse sistema não grava esses valores, apenas os apresentará para o usuário. O *display* de LED mostra os valores ajustados antes do banho e a vazão e temperatura atual.

Será feita a análise de consumo antes e depois da aplicação desse sistema.

1.5 - Resultados Esperados

Espera-se que esse protótipo reduza o consumo de água em 10% e o tempo de banho em 10%. O controle automático também representará maior conforto mantendo os valores constantes durante todo o banho evitando alterações externas que causariam reajustes manuais em sistemas comuns.

A aplicação comercial do sistema dependerá de produção de tecnologia mais barata para o desenvolvimento dos sensores e válvulas que por não serem construídos para a finalidade apresentada são superdimensionados.

1.6 - Estrutura do Trabalho

A presente monografia está estruturada em 6 capítulos, que apresentam o conteúdo descrito a seguir:

No capítulo 1, encontra-se a introdução do trabalho, onde é feita uma apresentação geral do tema, com a exposição do problema a ser solucionado, sua relevância e os objetivos propostos.

O capítulo 2 é dedicado ao aprofundamento da problemática referente ao risco da escassez de água, apresentando a importância da água para a vida na terra, identificando as principais causas para a sua diminuição e propondo como alternativa o controle do desperdício de água residencial e a automatização de sistemas de forma a evitar os desperdícios.

O capítulo 3 dá ênfase aos conhecimentos e materiais necessários para o desenvolvimento do sistema. Primeiramente é discutido o circuito hidráulico, mostrando quais os parâmetros necessários para garantir segurança e evitar desperdício de materiais. Depois são apresentadas as ferramentas de *software* e *hardware* utilizadas na confecção do protótipo. Por fim é justificada a escolha dos materiais utilizados.

O capítulo 4 mostra os detalhes práticos da implementação, desde a modelagem do sistema, a descrição técnica dos recursos utilizados, o programa de computador desenvolvido e a montagem do protótipo.

Já o capítulo 5 mostra os resultados alcançados com o funcionamento do protótipo e os campos de aplicações onde podem ser aproveitadas as constatações apuradas, ressaltando que também foram abordados os custos de implementação.

Por fim, no capítulo 6 traz-se a conclusão do trabalho realizado, complementando a pesquisa acadêmica com sugestões para a realização de trabalhos futuros.

CAPITULO 2 - A ÁGUA E O RISCO DE ESCASSEZ

A água é um recurso natural renovável abundante no planeta. Existem aproximadamente 1.4 milhões de quilômetros cúbicos água na Terra, porém apenas 2,7 % é água doce e apenas 0,0007% estão facilmente disponíveis em rios e lagos. Isso significa que apenas 970,2 km³ de água estão disponíveis para o consumo. Esta parcela da água é utilizada para diversos fins. A água para consumo humano sofre concorrência da indústria e da agricultura, principalmente (TUNDISI, 2005).

A área utilizada para irrigações no mundo cresceu 21% nos últimos 20 anos. Agora a irrigação consome 70% das águas extraídas de rios e reservas subterrâneas. Se a chuva for levada em consideração, a produção de alimentos responde a 92% do consumo de água humano. Com muitos rios secando, 2,7 bilhões de pessoas sofrem com graves períodos de seca pelo menos em um mês ao ano. O relatório 'Living Planet' lembra que a problemática da água, uma crise global que vem emergindo rapidamente (TUNDISI, 2005).

2.1 - Água no planeta

A superfície da Terra é composta de 75% de água. As terras emersas (acima da água) representam apenas 25%. Esta composição permite a vida no planeta, garantindo o equilíbrio natural. Porém, apesar da aparente abundância desse recurso, 1,4 milhões de quilômetros cúbicos de água, apenas 2,7% desse total é de água doce. E grande parte dessa água doce não está disponível para consumo humano, por estar congelada nas calotas polares ou compondo a umidade do ar, por exemplo, como podemos ver na figura 2.1:

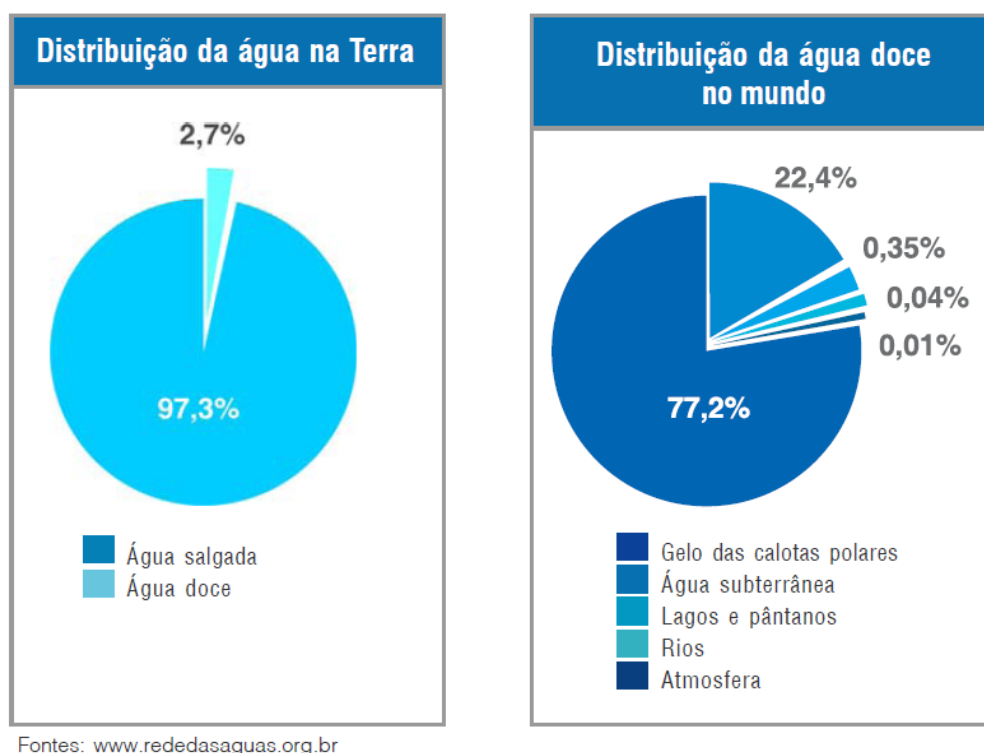


Figura 2.1: Distribuição da água no mundo. (fonte: Vieira, 2006)

A água de maior acessibilidade, como a de rios e lagos, representa muito pouco do total de água doce disponível, além de não significar água potável. Para ser considerada potável, segundo (WWF, 2006), “a água precisa ser de boa qualidade, estar livre de contaminação e de qualquer substância tóxica”.

Cerca de 70% da água doce mundial é consumida pela agricultura. A maior parte desse total é utilizada em áreas irrigadas, e que podem apresentar alto grau de desperdício, quando a tecnologia não é adequada. A pecuária consome outra parte significativa, considerando os gastos com pastos, rações (notadamente de grãos, muitas vezes oriundos de plantios irrigados) e a dessedentação dos animais. Há ainda impactos causados pelos desmatamentos para a instalação de culturas ou pastos, que são ainda maiores quando se tratam de áreas de matas ciliares, que protegem os rios, e pela poluição das águas causada pelo despejo dos agrotóxicos ou dos fertilizantes carregados nos processos de erosão e lixiviação do solo.

Desde a década de 90 a importância da questão dos recursos hídricos vem crescendo na pauta internacional, no contexto maior dos debates em torno da questão ambiental. Desses diálogos resultaram convenções e declarações de natureza política, algumas das quais geradoras de compromissos a serem observados pelos signatários.

A importância mundial do tema “Água” e as graves questões envolvendo sua disponibilidade e qualidade levaram a Organização das Nações Unidas - ONU a realizar, em 1992, em Dublin na Irlanda, a Conferência Mundial sobre água e meio ambiente, que definiu diretrizes específicas para tratar o assunto. Vinte anos depois, poucos avanços foram alcançados.

O ano de 2003 foi um marco para o tema, sendo considerado pela ONU como o “Ano Internacional da Água Doce”. A ONU escolheu ainda o período de 2005 a 2015 como a Década Internacional da Água, com o lema: “Água, fonte de Vida”.

O Brasil é signatário de diversas convenções e declarações internacionais. Algumas possuem relação direta com a questão dos recursos hídricos, como por exemplo:

- Agenda 21, aprovada por ocasião da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio 92.
- Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, assinada em 9 de maio de 1992 e promulgada pelo decreto nº 2.652, de 1º de julho de 1998.
- Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro em 5 de junho de 1992 e promulgada pelo Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998.
- Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971, promulgada pelo Decreto nº 1.905 de 16 de maio de 1996.
- Convenção Internacional de Combate à Desertificação nos países afetados por Seca Grave e/ou Desertificação, particularmente na África, assinada em Paris, em 15 de outubro de 1994, e promulgada pelo Decreto nº 2.741, de 20 de agosto de 1998.
- Declaração do Milênio, aprovada pelas Nações Unidas em setembro de 2000. O Brasil, ao lado de outros 190 países-Membros da ONU, assinou o pacto e estabeleceu um compromisso compartilhado com a sustentabilidade do Planeta.

2.2 - A Água no Brasil

O Brasil é um país privilegiado no que diz respeito à quantidade de água. “As estimativas são de que o país possui entre 12% e 16% de águas doces do planeta” (TUNDISI,2005). Porém, a distribuição dos recursos hídricos é desuniforme no território brasileiro, quando se considera a densidade populacional e a disponibilidade hídrica per capita.

A lógica de ocupação do território brasileiro não levou em conta a disponibilidade de água, prova disso são as regiões mais densamente povoadas, como as capitais e os grandes centros urbanos, localizados a grandes distâncias de bacias hidrográficas significativas para o abastecimento, em comparação com áreas onde os recursos hídricos são abundantes, porém a concentração populacional é pequena, como a região amazônica.

O Brasil possui ainda zonas semiáridas e de cerrado, com frágil equilíbrio ambiental e forte pressão antrópica pelo uso da água. A complexidade aumenta pelos múltiplos usos da água, nas mais diversas atividades de consumo e produção, além do baixo nível de tratamento e reutilização da água.

O agronegócio é um setor estratégico para o País e que demanda altas quantidades de água. No agronegócio, a valoração do recurso natural “água” ainda não se reflete nos preços dos produtos, segundo o conceito da “água oculta”, ou seja, a água gasta no processo de produção, muitas vezes, não é contabilizada no custo final do produto. Outra questão fundamental diz respeito à tecnologia. Quanto mais tecnificada a propriedade, menor o desperdício de água. Outro setor estratégico e de fundamental importância para o país é o setor energético, que tem nas hidrelétricas a sua maior representação.

Nas áreas urbanas, os principais problemas dizem respeito à rede de distribuição de água, que apresenta alto grau de desperdício, e ao percentual reduzido de saneamento, que reduz as possibilidades de tratamento e reuso de água. Diante da forte demanda, tanto para uso doméstico quanto industrial, há dificuldades cada vez maiores para o abastecimento com a qualidade e a quantidade adequadas.

Há ainda os impactos causados pela contaminação e poluição das águas, tanto nas áreas rurais, pelo uso descontrolado de agrotóxicos e fertilizantes na agricultura, quanto nas áreas urbanas, pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, além da destinação final de

lixo nos leitos de rios e em reservatórios. Outros casos podem ser ainda mais graves, como a contaminação por metais pesados, como o mercúrio utilizado no garimpo clandestino, e desastres ambientais com vazamento de óleo e outras substâncias perigosas.

2.2.1 - Legislação Brasileira

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída em 08 de janeiro de 1997, pela Lei nº 9.433/1997, também conhecida como “Lei das Águas”. Além da Política, a Lei criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). Segundo a Lei das Águas, a água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. O instrumento legal prevê, ainda, que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Prevê ainda que em situações de escassez o uso prioritário da água é para o consumo humano e para a dessedentação de animais. Outro fundamento é o de que a bacia hidrográfica é a unidade de atuação do Singreh e de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Também foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA), cuja missão é implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso à água, promovendo o seu uso sustentável em benefício da atual e das futuras gerações.

A ANA é, desde sua criação, uma Agência complexa, pois, além da função de reguladora do uso da água bruta nos corpos hídricos de domínio da União, tem a atribuição de coordenar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, cuja principal característica é garantir a gestão democrática e descentralizada dos Recursos Hídricos.

2.2.2 - Iniciativas Empresariais no tema Água

A agricultura é setor que mais consome água. No Brasil, cerca de 69% dos recursos hídricos disponíveis atualmente são destinados à irrigação, contra apenas 7% para a indústria e menos de 11% para abastecimento da população (higiene e consumo direto). Considerando que o Banco do Brasil é o maior financiador do agronegócio brasileiro, a empresa elegeu o tema água para representar a sua preocupação com o desenvolvimento sustentável brasileiro. A figura 2.2 mostra a distribuição do consumo de água no Brasil.

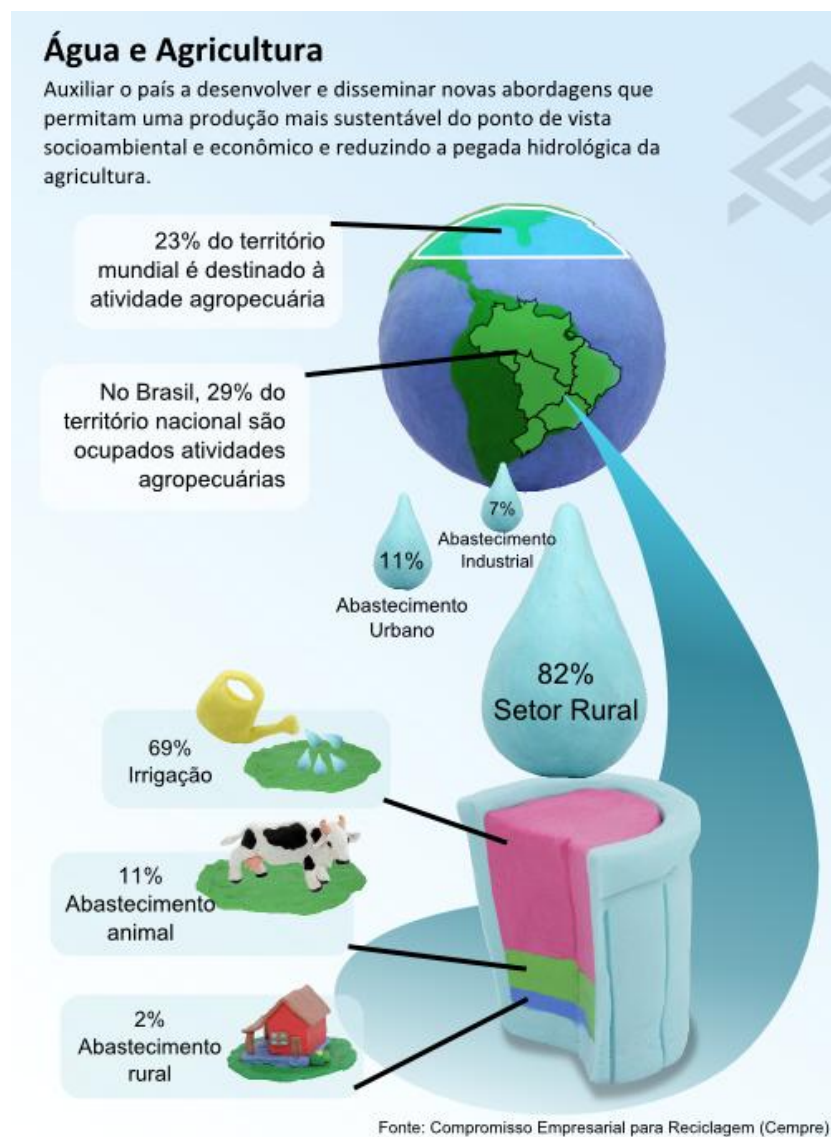


Figura 2.2: Distribuição do consumo de água no Brasil. (fonte: bb.com.br)

Em função desse cenário, o Banco do Brasil em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), a Fundação Banco do Brasil e o WWF-Brasil se uniram para desenvolver projetos socioambientais em 14 microbacias distribuídas em sete Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos nos biomas Pantanal/Cerrado, Mata Atlântica, Amazônia, Caatinga e Pampa.

CAPITULO 3 - REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 - Mecânica dos fluidos e circuitos hidráulicos

3.1.1 - Propriedades físicas da água

“Fluidos são substâncias no estado líquido ou gasoso que se deformam continuamente sob a ação de alguma força cisalhante” (BAPTISTA, 2010). As principais propriedades físicas dos fluidos são: densidade, pressão e viscosidade.

Densidade é a relação entre a massa do fluido e seu volume. Sua grandeza é calculada através da expressão (3.1). Ela depende da pressão e temperatura, porém na maioria dos casos considera-se constante pelo fato de pressão e temperatura variarem pouco na maioria das aplicações. A densidade da água considerada é 1000 Kg/m³, obtida na temperatura de 4°C.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

sendo,

ρ = massa específica ou densidade absoluta do fluido

m = massa do fluido

V = volume do fluido

Pressão média é a relação entre a força normal que age contra uma superfície plana e sua área. A medida dessa grandeza no sistema internacional é denominada pascal (Pa), sendo 1 Pa = 1N/m² ela é obtida pela expressão (3.2).

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.2)$$

sendo,

P = Pressão média

F = força normal

A = área da superfície

“Viscosidade é a resistência do fluido à deformação, devida principalmente às forças de coesão intermolecular. Consequentemente, essa propriedade só é evidenciada com o escoamento do fluido” (BAPTISTA, 2010).

Um fluido newtoniano é um fluido em que cada componente da tensão cisalhante é proporcional ao gradiente de velocidade na direção normal a essa componente. A constante de proporcionalidade é a viscosidade dinâmica. Nos fluidos newtonianos a tensão é diretamente proporcional à taxa de deformação. Como exemplo, pode-se citar a água, o ar e óleos.

A figura 3.1 mostra a representação gráfica da definição de viscosidade. A equação 3.3 define a viscosidade absoluta de um fluido newtoniano.

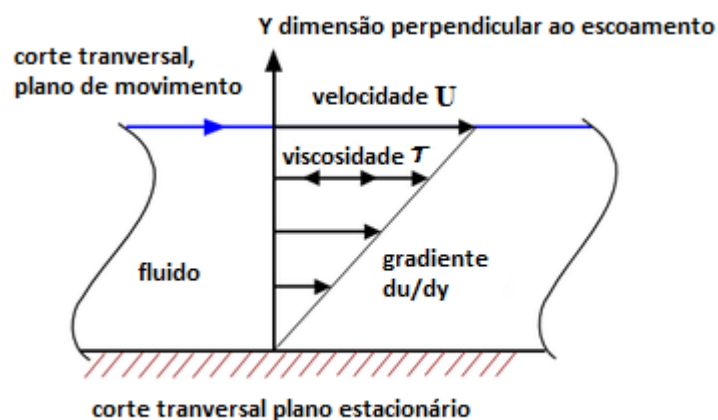


Figura 3.1: Viscosidade absoluta. (fonte: Wikipédia)

$$\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial y} \quad (3.3)$$

sendo,

τ = viscosidade absoluta

U = velocidade média do escoamento

y = distância entre as placas fixa e móvel

μ = coeficiente de viscosidade.

A viscosidade cinemática (letra grega nu, ν), é definida pela equação 3.4.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (3.4)$$

sendo,

ν = viscosidade cinemática

ρ = massa específica do fluido.

μ = coeficiente de viscosidade.

No SI, a unidade da viscosidade cinemática ν é m^2/s [2]. No sistema CGS é utilizada a unidade Stokes (St), sendo um Stokes igual a $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ [3] e dada à magnitude do seu valor é preferível utilizar a forma centistokes.

Os fluidos newtonianos, como por exemplo, a água, têm suas viscosidades dinâmicas constantes a uma dada temperatura. A tabela 1 representa a variação da viscosidade com a temperatura da água.

Tabela 1 – Viscosidade cinemática da água

Temperatura (°C)	Viscosidade ($\times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$)
0	1,79
5	1,52
10	1,31
15	1,14
20	1,01
25	0,90
30	0,80
40	0,66
50	0,56
60	0,48
70	0,42
80	0,37
90	0,33
100	0,30

Fonte: Baptista (2010).

3.1.2 - Escoamentos

Os escoamentos podem ser classificados em livre ou forçado. Escoamento livre é aquele em que a pressão da superfície do líquido é a pressão atmosférica podendo o conduto ser aberto como no caso dos canais fluviais, ou fechado como nas redes de coleta de esgoto sanitário. Nos escoamentos forçados o conduto é sempre fechado como no caso de redes de abastecimento de água. Eles podem ser laminares ou turbulentos. Os escoamentos laminares geralmente ocorrem com fluidos muito viscosos com velocidades muito pequenas, nos demais casos serão turbulentos.

3.1.2.1 - Equações fundamentais dos escoamentos

São três as equações fundamentais do escoamento: Equação da continuidade, equação da quantidade de movimento e equação de energia – Bernoulli.

A equação da continuidade (3.5) é decorrente da lei de conservação de massa, que estabelece que a massa não pode ser criada ou destruída.

$$\rho_1 A_1 U_1 = \rho_2 A_2 U_2 \quad (3.5)$$

Para trechos fechados, onde não há entrada ou saída de água tem-se a equação (3.6).

$$A_1 U_1 = A_2 U_2 = Q \quad (3.6)$$

sendo,

A_i = área da seção transversal do escoamento em m^2

U_i = velocidade média do escoamento em m/s

Q = vazão (em m^3/s)

($i = 1$ ou $i = 2$)

“A equação da quantidade de movimento (3.7), algumas vezes denominada de *momentum*, é deduzida a partir da segunda lei de Newton, aplicada ao conceito de quantidade de movimento.” (BAPTISTA, 2010). Aplicando esse conceito ao caso de escoamento líquido temos:

$$\vec{R} = \rho Q (\beta_2 \vec{U}_2 - \beta_1 \vec{U}_1) \quad (3.7)$$

sendo,

\vec{R} = Resultante das forças externas que atuam no sistema

β_i = Coeficiente da quantidade de movimento, ou de Boussinesq

“A equação de Bernoulli é um caso particular da primeira lei da Termodinâmica. Esta lei estabelece que a mudança de energia interna de um sistema é igual à soma da energia adicionada pelo fluido com o trabalho realizado pelo” (BAPTISTA, 2010).

A equação (3.8) equação de Bernoulli representa o trabalho realizado pelo fluido quando se desloca da seção 1 para a seção 2. A figura 3.2 exemplifica esta aplicação.

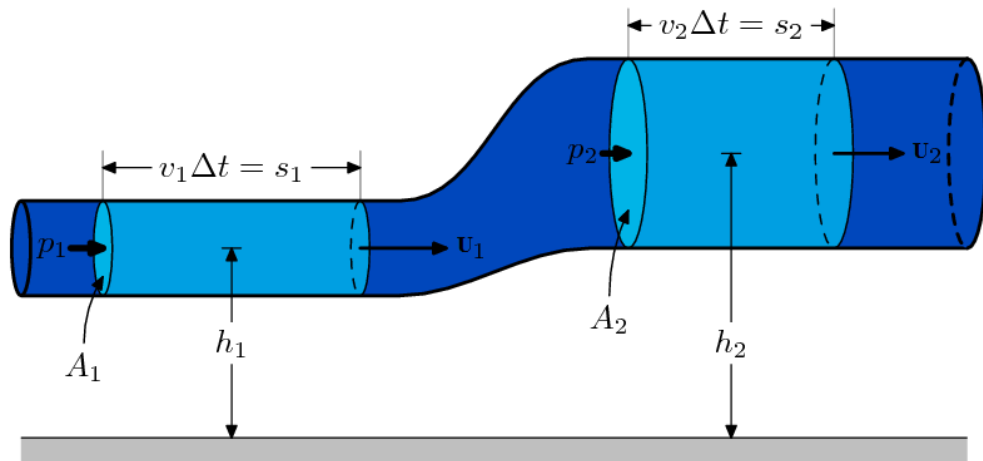


Figura 3.2: Equação de Bernoulli. (fonte: Wikipédia)

$$\left(Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{U_1^2}{2g} \right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{U_2^2}{2g} \right) = H_m + \Delta h \quad (3.8)$$

sendo,

Z = Energia ou carga de posição

g = Aceleração da gravidade

$\frac{p}{\rho g}$ = Energia ou carga de pressão

$\alpha \frac{U^2}{2g}$ = Energia ou carga de velocidade, também denominada de taquicardia

H_m = Energia aplicada ou retirada por alguma máquina

Δh = Perda de energia mecânica ou perda de carga

“De fato, o lado esquerdo da equação (3.8) corresponde ao gasto médio de energia para o fluido ser transportado da seção 1 a seção 2, enquanto o lado direito representa o trabalho realizado por uma máquina desde o sistema ao exterior somada a perda de energia mecânica” (BAPTISTA, 2010).

Essas equações são a base para o estudo de escoamentos, em particular veremos o escoamento em condutos forçados simples.

3.1.2.2 - Escoamento em condutos forçados simples

O estudo destes escoamentos no que compete ao escopo deste projeto é avaliar as características que permitam o dimensionamento do circuito hidráulico. Os critérios para o dimensionamento dos elementos do circuito são: vazão, velocidade, temperatura, perda de carga e pressão.

A vazão é encontrada a partir da equação (3.6). A velocidade é uma função da pressão a qual o sistema está submetido, entretanto segundo a NBR 5627/82 para instalações prediais deve-se considerar a velocidade (U) igual a 3,0 m/s. A temperatura da água para uso humano não deve exceder 40°C. A temperatura da tubulação quente é alimentada por um boiler. Ela depende do sistema de aquecimento utilizado, sendo comum encontrar sistemas com temperaturas que poder alcançar 70°C a 80°C.

Segundo Baptista (2010, p. 67):

O líquido ao escoar transforma parte de sua energia em calor. Essa energia não é mais recuperada na forma de energia cinética e/ou potencial e, por isso, denomina-se perda de carga. Para efeito de estudo, a perda de carga, denotada por Δh é classificada como perda de carga contínua $\Delta h'$ e perda de carga localizada $\Delta h''$, sendo a primeira considerada ao longo da tubulação e a outra, devido à presença de conexões, aparelhos etc., em pontos particulares do conduto.

A perda de carga contínua deve-se, principalmente, ao atrito entre as partículas do fluido escoando em velocidades diferentes. Essas velocidades variam em função da viscosidade do líquido e da rugosidade da tubulação. A perda de carga unitária é representada pela equação (3.9).

$$J = \frac{\Delta h'}{L} \quad (3.9)$$

sendo,

J = perda de carga unitária

L = comprimento do conduto

$\Delta h'$ = Perda de carga contínua

A partir das equações de Bernoulli temos a perda de carga para condutos circulares em função das características do fluido e da tubulação referenciadas na equação (3.10).

$$\Delta h' = \frac{f}{D} \frac{U^2}{2g} L \quad (3.10)$$

sendo,

D = Diâmetro do conduto

f = Coeficiente de perda de carga

A partir da análise dimensional desta equação obtém-se a equação universal de perda de carga unitária para condutos circulares (3.11)

$$J = \frac{8f}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^5} \quad (3.11)$$

Considerando-se as equações (3.6, 3.9 e 3.10), obtém-se a equação (3.11) para perda de carga unitária. O coeficiente de perda de carga é adimensional que depende do regime de escoamento. No escoamento turbulento esse número pode ser obtido experimentalmente. Diversos cientistas como Blasius, Nikuradse e Colebrook-white realizaram experimentos para encontrar um valor aproximado para esse número. Todos eles encontraram maneiras de calcular as perdas de carga com pequenas margens de erro nas medições tendo suas fórmulas validadas para esse fim.

Fórmulas de perda de carga empíricas, entretanto, têm se mostrado eficientes para calcular esses valores aproximadamente, sendo considerada pela ABNT para instalações hidráulicas prediais as fórmulas de Fair-Whipple-Hsiao. Neste caso específico é utilizada a fórmula para condutos circulares de cobre ou plástico, conduzindo água fria (3.12). Para água quente utiliza-se a equação (3.13).

$$J = 0,000859 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (3.12)$$

$$J = 0,000692 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (3.13)$$

A perda de carga localizada pode ser encontrada pela expressão geral (3.14).

$$\Delta h'' = \frac{KU^2}{2g} \quad (3.14)$$

sendo,

K = coeficiente de perda do componente.

A constante K é um coeficiente que depende da geometria e da singularidade do número de Reynolds. Esses valores são normalmente obtidos experimentalmente. Outra

maneira de encontrar a perda de carga localizada é o Método dos Comprimentos Virtuais. Nesse método consiste na substituição dos componentes causadores de perdas presentes por um comprimento virtual que adicionado ao comprimento do circuito calcula a perda total. A ABNT utiliza como referência para esses cálculos os quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Perda de carga em conexões – comprimento equoivalente para tubo rugoso

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7
20	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0
25	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7
40	1,4	0,6	1,0	0,6	0,2	2,1
50	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4
80	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1
100	3,8	1,7	2,7	...	0,7	5,5
125	4,7	2,2	0,8	6,9
150	5,6	2,6	4,0	...	1,0	8,2

Fonte: ABNT (1998)

Quadro 2 – Perda de carga em conexões – comprimento equoivalente para tubo liso

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: ABNT (1998)

A pressão pode ser obtida a partir da Lei de Stevin (3.15)

$$P = \gamma h \quad (3.15)$$

Entretanto esses valores podem variar muito devido às variadas colunas d'água presentes nos sistemas dependendo da altura dos reservatórios em relação à entrada do sistema. A ABNT determina que a pressão estática máxima nos pontos de utilização não deve ultrapassar 400kPa e não devem ser inferiores a 5kPa.

3.2 - Registros e válvulas hidráulicas

As válvulas hidráulicas são dispositivos que permitem ou obstruem parcial ou totalmente a passagem de um fluido. Eles podem ser utilizados em: barriletes de prédios, piscinas, sistemas de irrigação, máquinas de lavar, sistemas de piscicultura, saneamento, indústria, agricultura e construção naval. Em instalações prediais as válvulas mais comumente encontradas são: as válvulas borboletas, os registros de esfera, os registros de gaveta e os registros de pressão. Os registros de pressão foram projetados para permitir grande ciclo de abertura e fechamento. Eles são indicados para utilizações em pias e chuveiros. Neste projeto será utilizado um registro de pressão do fabricante Deca, cujas especificações do fabricante são: Base de registro de pressão $\frac{3}{4}$, código: 4416.202, cujas características:

- Possui tripla vedação o'ring ao longo do eixo, proporcionando maior durabilidade contra vazamentos
- Sistema de acionamento: rotativo
- Sistema de vedação: borracha nitrílica, segurança contra vazamentos
- Temperatura máxima da água: 70° C
- Pressão máxima de uso recomendada: 14 kgf/cm² ou 199 psi
- Diâmetro nominal DN20 ($\frac{3}{4}$ ")
- Haste não ascendente. Reduz o atrito dos vedantes do eixo e não provoca deslocamentos no acabamento colocado sobre o registro

A figura 3.3 mostra o desenho interno do registro e suas dimensões.

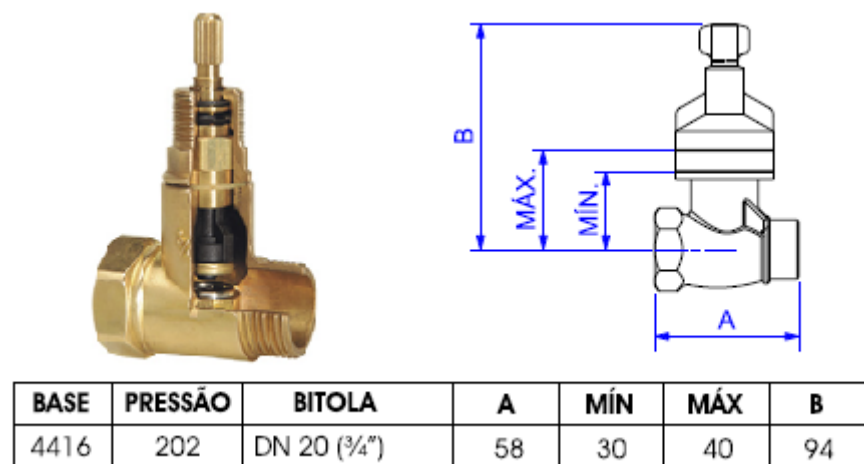


Figura 3.3: Registro de pressão. (fonte: Duratex, com adaptações)

3.3 - Sensores de temperatura

Os sensores de temperatura são utilizados para a medição da temperatura em diversas aplicações. Eles podem medir as temperaturas pelo contato com o corpo que se deseja medir, como no caso dos termistores, termopares e as termorresistências. Existem também os sensores eletrônicos como: diodos, transistores e circuitos integrados. Os sensores que medem a temperatura sem a necessidade de contato são os pirômetros como as termopilhas.

Nesse trabalho será utilizado um sensor de temperatura tipo NTC (*Negative Temperature Coefficient*).

Segundo Albuquerque (2005, p. 96):

Os NTC's são elementos cuja resistência decresce com o aumento da temperatura, portanto seu coeficiente de temperatura é negativo. Alterações de temperatura do corpúsculo podem ser obtidas externamente pela variação da temperatura em sua proximidade; internamente pelo calor resultante da potência dissipada, desenvolvida

pela passagem de corrente através do corpúsculo, ou por uma combinação dessas duas.

Esses sensores têm uma curva característica logarítmica, temperatura na faixa de 0°C a 100°C são representadas por resistências na ordem de mil ohms. A figura 3.4, representa uma curva desse tipo de sensor. A figura 3.5 mostra o sensor de temperatura utilizado com sua respectiva representação.

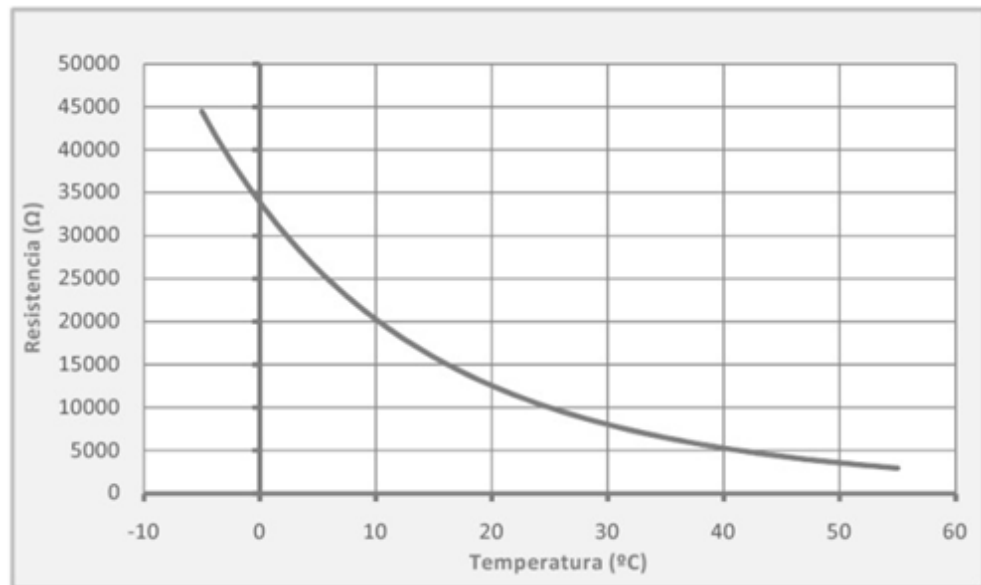


Figura 3.4: Curva característica de um sensor NTC. (fonte: GONCALVES, 2010)



Figura 3.5: Sensor NTC utilizado. (fonte: MTE – THOMSON)

3.4 - Sensores de vazão

A vazão é a quantidade de líquido que passa em um determinado ponto durante certo período de tempo. Ela pode ser medida sob a forma de vazão volumétrica (m^3/h , litro/min) ou vazão de massa (Kg/h , Nm^3/h).

Segundo Albuquerque (2005, p. 96):

Os medidores de vazão são na realidade indiretos, pois medem outro tipo de grandeza que é transformada por um transdutor.

Entre as variáveis medidas com frequência na indústria são: pressão, temperatura, densidade, viscosidade, umidade, possibilidade de mudança de fase e as impurezas.

Com relação à geometria do duto, as variáveis de influência são: diâmetro ou seção reta, rugosidade, trecho reto e a direção (no caso de um tubo vertical).

Não existe um só princípio de medição que possa atender a todas as condições. Alguns são limitados pelo diâmetro, outros pela temperatura, outros exigem longo trecho reto, etc. A escolha de um medidor para aplicação certa requer muita experiência em certos casos, pois além de ser adequado, de acordo com os primeiros critérios citados, há necessidade de verificar a precisão, a faixa de trabalho, a velocidade de resposta e finalmente o preço, que não é o menos importante, mas deve ser deixado como último critério.

Os tipos de sensores de vazão podem ser classificados em relação à grandeza medida. Entre eles destacam-se sensores de pressão diferencial, os mais amplamente utilizados devido à sua simplicidade. São eles placa de orifício, tubo de Venturi, bocal e tubo de pilot. A seguir temos os rotâmetros, as turbinas, sensores ópticos, sensores de engrenagens ovais, sensores térmicos, medidores de vazão Vortex, ultrasônicos e os sensores magnéticos.

Os sensores magnéticos usam a Lei da indução magnética para calcular o fluxo de líquido. Eles podem ser utilizados para líquidos pouco abrasivos e condutores. Funciona através utilização de um material magnético que é movimentado pelo fluxo do líquido. A movimentação desse material causa uma diferença de fluxo que é percebida por um sensor que pode ser uma bobina, um sensor de proximidade indutivo ou uma ampola reed, por exemplo.

Será utilizado nesse projeto um sensor magnético tipo bobina de pick-up, com um sensor de efeito HALL. Esse tipo de sensor gera um sinal à medida que linhas de campo magnético cortam uma bobina energizada alterando a corrente no circuito e gerando um pulso de frequência proporcional a velocidade do fluido. A figura 3.6 mostra o princípio de funcionamento desse tipo de sensor. A figura 3.7 mostra a diferença do sinal de saída utilizando-se de um sensor com efeito hall, que será utilizado neste projeto e um com bobina.

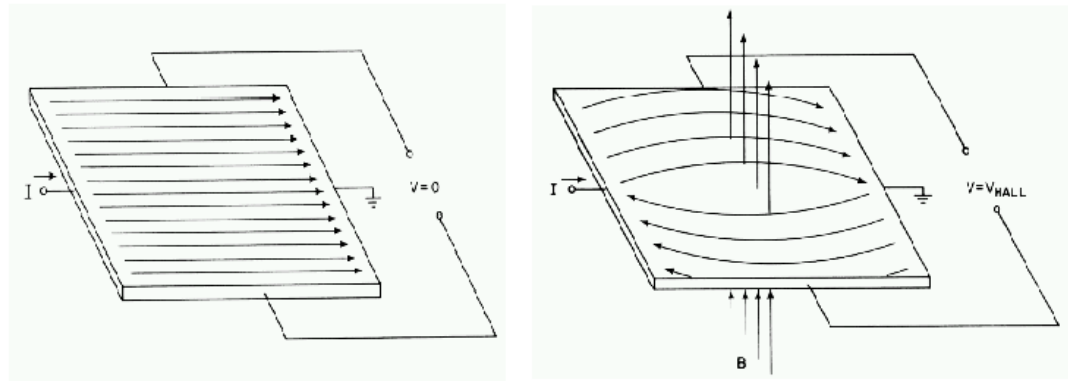


Figura 3.6: Princípio de funcionamento do sensor de efeito HALL (adaptada de MECATRÔNICA NA NET, 2012).

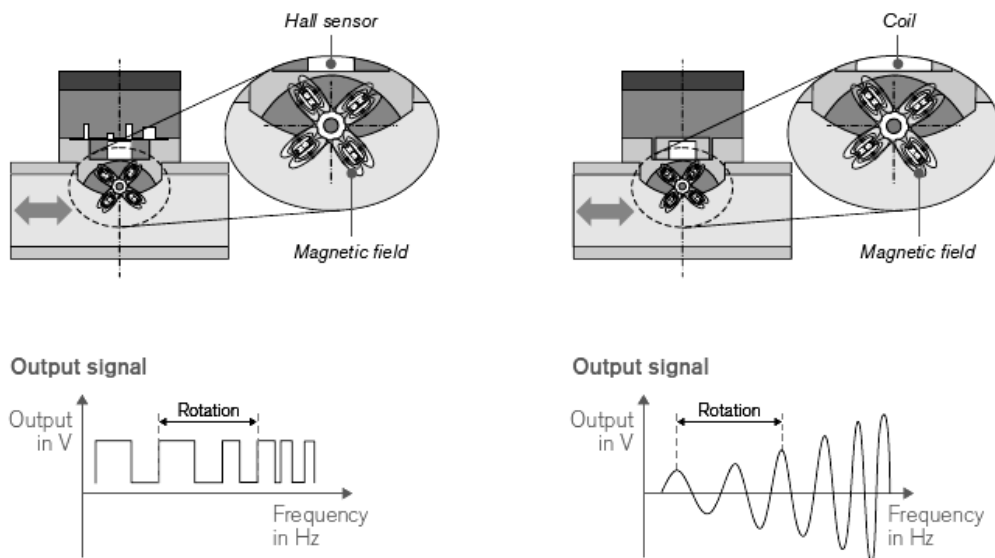


Figura 3.7: Atuador e sensor de efeito HALL (fonte: BURKERT, 2012).

Nesse projeto é utilizado o sensor 8030 HT da Burkert na medida DN20. Esse sensor é composto por uma base a S030 no caso e por um sensor de efeito HALL SE30. Suas

características são apresentadas no apêndice desta monografia, porém na figura 3.8 é apresentado o sensor utilizado e a sua curva característica. A relação de vazão por frequência do sensor é dada pela equação (3.16).



Figura 3.8: Sensor de vazão tipo 8030 (adaptado de BURKERT, 2012).

$$f = K \times Q \quad (3.16)$$

sendo,

f = frequência (em Hertz)

K = fator específico para cada base S030 (em pulsos por litro)

Q = vazão (em litro/segundo)

Na equação 3.16 verificamos que a vazão Q cresce linearmente em função da frequência, como mostra a figura 3.8 que representa a curva característica indicada pelo fabricante.

3.5 - Motores de passo

Os motores de passo são motores de relutância variável (MRV). Esse tipo de motor consiste de um estator com enrolamentos de excitação e um rotor magnético com saliências. Seu funcionamento ocorre com a tendência do ímã presente no rotor se alinhar com o campo

gerado pelo estator. Apesar de apresentar construção mais simples que as demais máquinas cc, o motor MRV é mais difícil de ser controlado exigindo implementações eletrônicas para controlar os passos dados.

Segundo Fitzgerald (2006, p. 390):

Excitando sequencialmente as fases de uma MRV, o rotor irá girar na forma de uma sequência de passos, girando um ângulo específico a cada passo. Os motores de passo são projetados para tirar vantagem dessa característica. Esses motores frequentemente combinam uma geometria de relutância variável com ímãs permanentes para produzir aumentos de conjugado e na precisão de posicionamento.

Quanto ao tipo de rotor os motores de passo são caracterizados em: motores de relutância variável, motores de ímã permanente e motores híbridos. Os motores de relutância variável possuem um rotor com dentes que se alinham ao campo gerado pelo estator. Os motores de ímã permanente utilizam um ímã no rotor. Esse tipo de motor tem maior torque e menor precisão que o anterior. Os motores híbridos unem as melhores características dos anteriores com boa precisão e torque. A figura 3.9 exemplifica esses tipos de motores

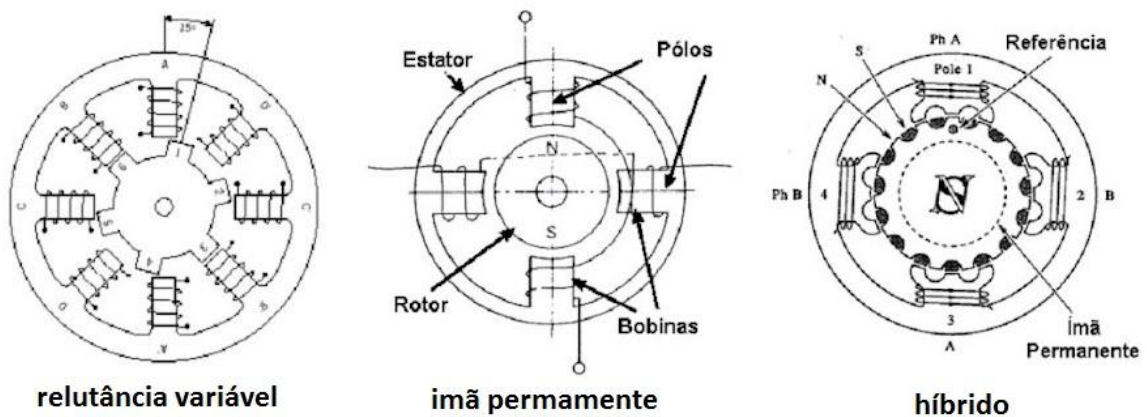


Figura 3.9: Tipos de rotores de motores de passo (adaptada de MECATRÔNICA NA NET, 2012).

Quanto ao estator os motores de passo podem ser unipolares ou bipolares. Nos motores unipolares somente um lado do estator é energizado enquanto nos motores bipolares os dois lados opostos das bobinas são energizados. Os motores unipolares são de acionamento mais simples, porém com menor torque. Em ambos os casos os motores podem funcionar com

passo completo ou meio passo. A figura 3.10 mostra a diferença dos motores unipolares e bipolares. A figura 3.11 mostra a operação em passo completo e meio-passo dos motores.

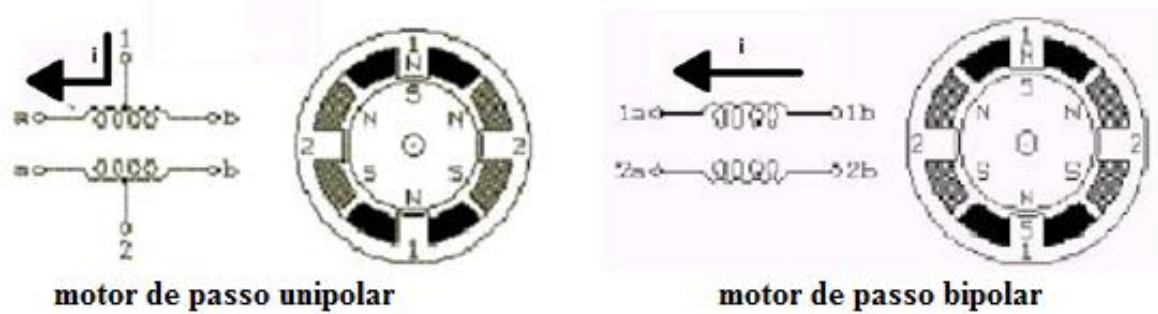


Figura 3.10: Tipos de estatores de motores de passo (adaptada de MECATRÔNICA NA NET, 2012).

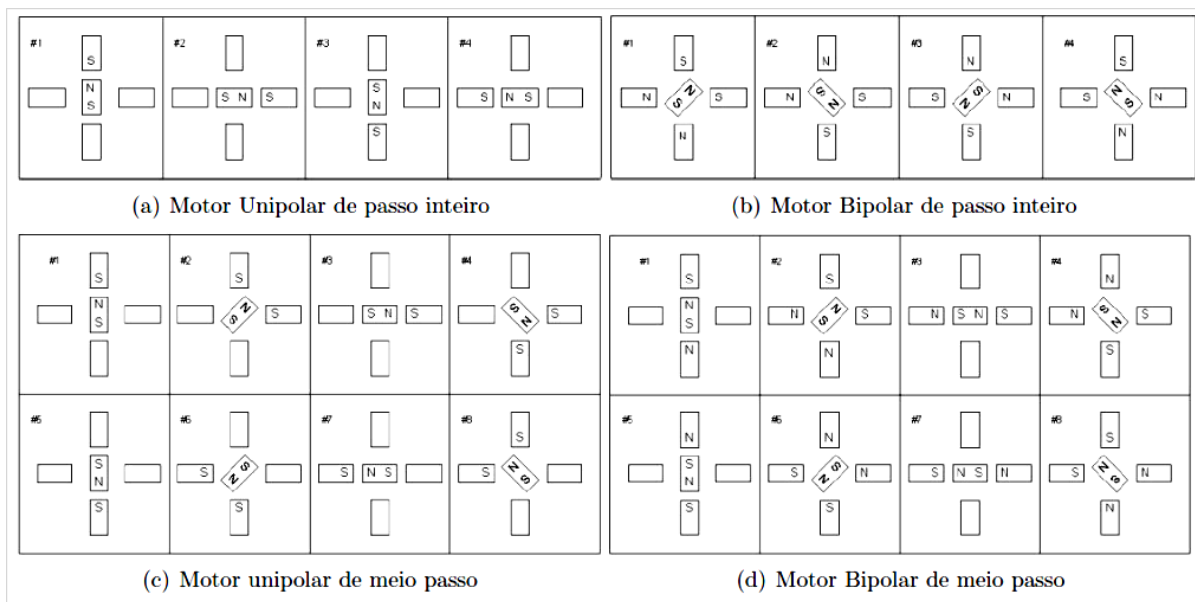


Figura 3.11: Operação em passo completo e meio passo (fonte: Brites, 2008).

Será utilizado nesse projeto um motor de passo de relutância variável unipolar.

3.6 - Componentes eletrônicos

Os componentes eletrônicos mais utilizados neste experimento são os resistores, capacitores, transistores reguladores de tensão, *display* de LCD, microcontrolador.

Resistores são componentes eletrônicos com a finalidade de se opor a passagem de corrente, a energia liberada pela oposição de corrente é dada pela lei de Ohm (3.17) A potência dissipada pelo resistor: equação (3.18) também é um dado importante para

$$V = R \times i \quad (3.17)$$

$$P_d = R \times i^2 \quad (3.18)$$

sendo,

V = tensão aplicada

R = resistência do resistor

i = corrente do circuito

P_d = potência dissipada pelo resistor

Os capacitores são componentes que armazenam energia num campo elétrico.

Os transistores são componentes eletrônicos que utilizam um elemento para controlar o fluxo de corrente. Ele pode ser utilizado como chave quando a corrente da base possibilita a passagem de toda a corrente, é deste modo que ele será utilizado nesse projeto. Ele pode ter dois tipos de junção: NPN e PNP, onde P indica a predominância de cargas positivas e N à de cargas negativas. Quando a corrente flui o emissor para o coletor deve-se utilizar a junção NPN , caso contrário a PNP. A figura 3.12 mostra a representação dos dois tipo de transistores.

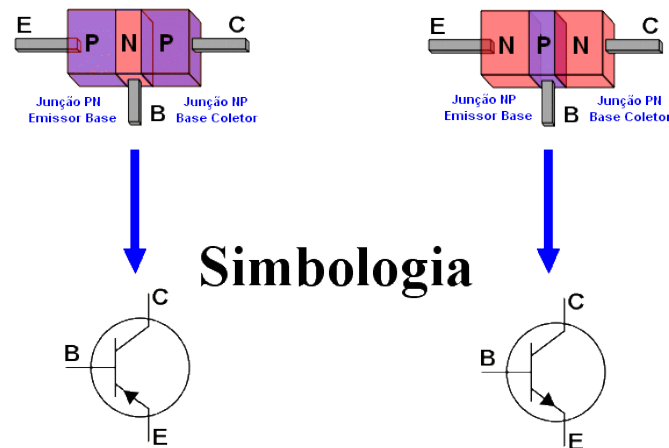


Figura 3.12: Transistores NPN e PNP (fonte: Eletrônica).

Um *display* de cristal líquido (em inglês *liquid crystal display*), é um painel usado para exibir informações por via eletrônica, como texto, imagens e vídeos. Ele consiste de um líquido polarizador da luz, eletricamente controlado, que se encontra comprimido dentro de celas entre duas lâminas transparentes polarizadoras. Os eixos polarizadores das duas lâminas estão alinhados perpendicularmente entre si. Cada cela é provida de contatos elétricos que permitem que um campo elétrico possa ser aplicado ao líquido no interior.

Existem vários modelos de LCD, será utilizado nesse projeto o JHD204 apresentado na figura 3.13.



Figura 3.13: LCD JHD204A (fonte: soldafria.com.br).

Segundo Gimenez (2005, p. 4):

O microcontrolador é um dispositivo semicondutor em forma de circuito integrado, que integra as partes básicas de um microcomputador. O microprocessador, memórias não voláteis e voláteis e portas de entrada e saída. Geralmente, é limitado em termos de quantidade de memória, principalmente no que diz respeito à

memória de dados, é utilizada em aplicações específicas, ou seja, naquelas que não necessitam armazenar grandes quantidades de dados, como automação residencial, automação predial, automação industrial e automação embarcada.

Existem vários fabricantes e configurações de microcontroladores. Neste trabalho usaremos o PIC 16F877A. O principal fator de escolha deste é a programação em linguagem C.

Segundo Souza (2003, p.21) As principais especificações técnicas do PIC 16F877A são:

- Microcontrolador de 40 pinos;
- Via de programação com 14 bits e 35 instruções;
- Programação *in-circuit* (alta e baixa tensão);
- Frequência de operação de até 20 MHz;
- Memória *flash* de programa de 8kwords;
- 33 portas configuráveis como entrada ou saída;
- 15 interrupções disponíveis;
- Memória EEPROM interna com 256 bytes;
- Memória RAM com 368 bytes;
- Conversores A/D (analógico-digital) de 10 bits (8x) e comparadores analógicos (2x);
- Comunicações seriais: SPI, I2C e USART.

A figura 3.14 mostra o PIC16F877 com configuração de pinos.

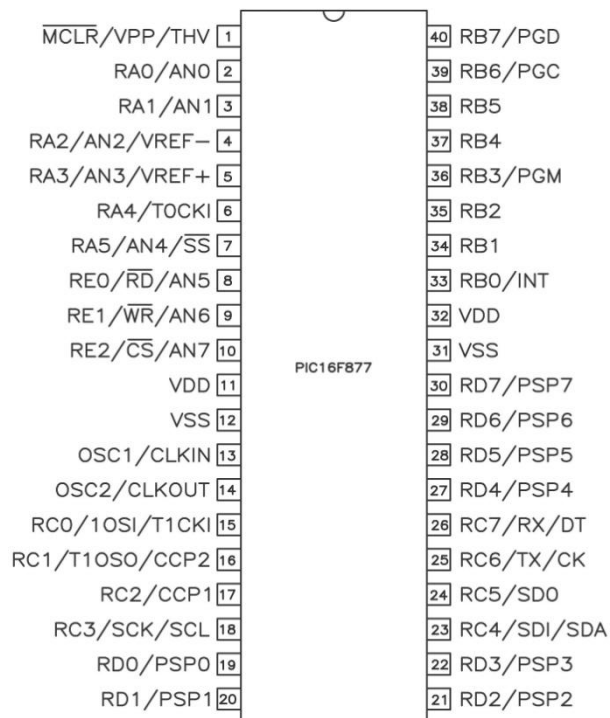


Figura 3.14: PIC16F877 (referência: HVW Technologies).

3.7 - Linguagem de programação

Para o desenvolvimento da parte lógica deste projeto foi escolhida a linguagem de programação C. Esta linguagem é de fácil implementação. O compilador utilizado é o CCS C, que tem como principais características, segundo Pereira (2007, p33 e 34):

- Compatibilidade com a padronização ANSI e ISSO
- Grande eficiência de código gerado
- Grande diversidade de funções e bibliotecas da linguagem C
- Grande portabilidade de código entre os diversos microcontroladores PIC.

CAPITULO 4 - DESENVOLVIMENTO DO CHUVEIRO AUTOMÁTICO

O sistema proposto foi desenvolvido a partir do modelo real existente não automatizado. Para tanto foram desenvolvidas as válvulas de fluxo proporcionais, adaptado o sensor de temperatura e utilizado o sensor de fluxo apresentado no capítulo anterior.

Primeiramente, foram testados os componentes para confrontá-los com suas especificações teóricas e posteriormente realizada a sua integração. O desenvolvimento do *software* requerido foi feito em um microcontrolador PIC16F877A. Foi utilizada também uma interface comercial para o acionamento dos motores de passo das válvulas proporcionais.

4.1 - Visão geral do chuveiro automático

A automação de chuveiro passa por algumas etapas. Primeiro é necessário a substituição dos componentes existentes por outros na versão automática. São eles os registros de pressão. Foi substituído seu comando manual por motor de passo unipolar de modo a realizar abertura e fechamento gradual das válvulas. Para o controle da temperatura foi adicionado ao sistema um sensor de temperatura NTC (Negative Temperature Coefficient). Para a medição da vazão foi utilizado sensor de vazão 8030. Foi utilizado o PIC 16f877A para fazer o controle do sistema.

O modelo tem o objetivo de ser acessível aos usuários contento apenas botões para os ajustes de temperatura e vazão, liga/desliga e acionamento da água.

A figura 4.1 ilustra o modelo desenvolvido. Podemos verificar a existência de duas válvulas proporcionais, um sensor de fluxo, e um sensor de temperatura, além da central de controle que é composta da central de comando (não exibida) e da interface de comando exibida na figura 4.2.

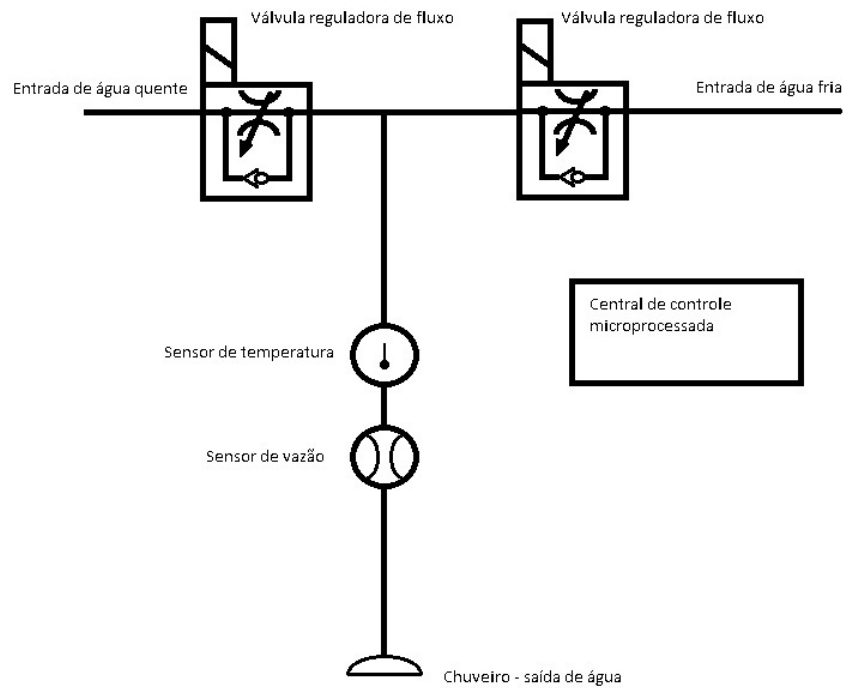


Figura 4.1: Modelo do chuveiro automático

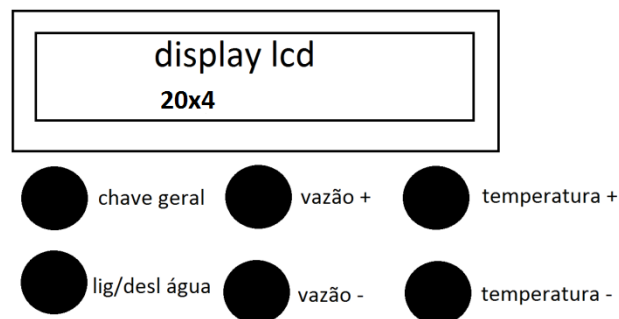


Figura 4.2: Interface de controle do sistema

4.2 - Descrição dos componentes do modelo

As etapas de desenvolvimento do projeto foram: pesquisa do problema abordado; pesquisa de componentes adequados à necessidade; aquisição dos componentes; teste dos componentes; desenvolvimento da lógica de funcionamento do sistema; implementação do sistema; teste e resultados.

4.2.1 - Especificação do sistema hidráulico

Para o desenvolvimento desse sistema foi necessário especificar os componentes que serão utilizados. Essa especificação foi calculada a partir dos critérios de dimensionamento dos circuitos hidráulicos prediais. Esses critérios seguem as especificações das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 5626/1998: instalação predial de água fria e NBR7198/1993: projeto e execução de instalações prediais de água quente.

São quatro os critérios para o dimensionamento de um circuito: vazão, velocidade, perda de carga, pressão e temperatura.

Vazão foi considerada 0,20 litros por segundo: de acordo com a ABNT 5626/1998.

A velocidade máxima é de 3 m/s, logo ela irá variar de 0 a 3m/s. Como vimos na equação (3.4, p. 17) a vazão pode ser calculada em função da velocidade e da área do condutor, logo temos que a vazão máxima do sistema residencial é dada pela equação (4.1):

$$Q = 3 \times \frac{\pi D^2}{4} = 3 \times \frac{3,14 \times 0,022^2}{4} = 1,140 \times \frac{10^{-3} m^3}{s} = 89,42 L/min \quad (4.1)$$

Segundo a ABNT, o peso do chuveiro elétrico em relação ao consumo total de uma residência é 0,4. Multiplicando esse número pela vazão encontrada considerou-se a vazão máxima do sistema 35,77 l/min.

A perda de carga unitária é obtida pelas expressões (10 e 11), considerando que o sistema trabalha com uma temperatura média de 30°C, consideramos que 2/3 da água que abastece o sistema é fria, enquanto 1/3 é quente. As expressões (4.2 e 4.3), mostram o cálculo aproximado da perda unitária.

$$J = 0,000859 \frac{(1,14 \times 10^{-3} \times 0,4)^{1,75}}{0,022^{4,75}} = 0,091 \text{ joules} \quad (4.2)$$

$$J = 0,000692 \frac{(1,14 \times 10^{-3} \times 0,4)^{1,75}}{0,022^{4,75}} = 0,074 \text{ joules} \quad (4.3)$$

Utilizou-se a tabela de comprimento equivalente para tubos rugosos (3.2, p. 22) para determinar as perdas localizadas. Os componentes presentes são: uma válvula pé e crivo, um Te de saída lateral, consideramos o sensor de temperatura e o de fluxo como dois registros de gaveta abertos, já que a norma não os referencia e finalmente um joelho de 90°. Os

comprimentos equivalentes desses componentes são para um tubo de 20 mm dados pela expressão (4.4).

$$3,6 + 0,7 + 2 \times 0,1 + 0,5 = 5,00 \quad (4.4)$$

O tubo tem comprimento de 1,60 m, portanto o comprimento considerado para perda é calculado na expressão (4.5).

$$1,6 \text{ m} + 5,0 \text{ m} = 6,60 \text{ m} \quad (4.5)$$

As proporções de parcelas de perdas são consideradas para o cálculo da perda total sendo a mesma dada pela expressão (4.6)

$$0,091 \times \frac{2}{3} 6,6 \text{ m} + 0,074 \times \frac{1}{3} 6,6 \text{ m} = 0,4 + 0,16 = 0,563 \text{ joules} \quad (4.6)$$

Segundo a ABNT, a pressão deve variar de 10kPa a 400KPa.

A temperatura sai do aquecedor em torno de 70°C. Para consumo ela não deve ultrapassar 40°C, em dias mais frios, a temperatura da água fria pode ser inferior a 10°C, porém considerou-se essa a temperatura mínima.

4.2.2 - Sensor de temperatura

O sensor de temperatura que foi escolhido para este projeto foi o modelo 4053 da MTE-THONSON. Sua aplicação inicial é para o setor automotivo, porém apesar de ter um tempo de resposta lento comparado a outros sensores industriais ele se aplica neste caso, pois a leitura é tomada a cada 1 segundo e sua faixa de trabalho de 0 a 120°C abrange com folga as temperatura que iremos medir. [Foram realizados testes em laboratório para aferir sua curva característica. O fabricante não disponibiliza material sobre a curva característica nominal.

A figura 4.3 mostra o ensaio realizado utilizando um termômetro e comparando sua temperatura à variação de resistência medida no sensor. A partir dos dados foi construída a tabela 4.1. Esses dados foram alterados para que a medição da tensão analógica a ser realizada

pelo conversor A/D do microcontrolador fosse mais fácil. Foi inserida uma resistência 10Ω em série com o sensor, onde efetivamente será feita a medição. Para o cálculo de conversão foi utilizada regressão linear desprezando valores maiores que 40°C e menores que 13°C . AS figuras 4.3 e 4.4 mostram os gráficos ideais e a aproximação utilizada. Foi realizada a aproximação linear com objetivo de tornar o cálculo da temperatura mais rápido, utilizando menor quantidade de memória do processador. O compilador utilizado, uma versão demo, limita a quantidade de memória que pode ser utilizada. No desenvolvimento da lógica foi utilizada gradação de $0,5^{\circ}\text{C}$. Os valores de tensão analógica correspondentes foram calculados a partir da linha de tendência.

Tabela 2 – Leitura e ajustes do sensor de temperatura

Dados ensaiados		Exclusão dos valores não alcançados		Inserção de resistor de 10Ω para facilitar medição		
temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	resistência (Ω)	resistência (Ω)	temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Resistência sensor + resistência de 10Ω	Corrente do sistema alimenta do 5Vcc	Tensão no resistor de 10Ω
2,8	1,69	1,690	43,3	11,69	0,428	4,277
4,6	1,74	1,740	42,4	11,74	0,426	4,259
12,7	1,84	1,840	41	11,84	0,422	4,223
12,9	1,9	1,900	40,2	11,9	0,420	4,202
18,5	1,98	1,980	39,2	11,98	0,417	4,174
18,8	2,04	2,040	38,4	12,04	0,415	4,153
19,1	2,1	2,100	37,7	12,1	0,413	4,132
19,6	2,17	2,170	36,9	12,17	0,411	4,108
20,8	2,25	2,250	36,1	12,25	0,408	4,082
22,6	2,31	2,310	35,3	12,31	0,406	4,062
23,7	2,36	2,360	34,4	12,36	0,405	4,045
25,1	2,44	2,440	33,9	12,44	0,402	4,019
23,1	2,52	2,520	33	12,52	0,399	3,994
26,7	2,6	2,600	32	12,6	0,397	3,968
27,3	2,67	2,670	31,3	12,67	0,395	3,946
28,8	2,76	2,760	30,4	12,76	0,392	3,918
30,4	2,86	2,860	28,8	12,86	0,389	3,888
31,3	2,923	2,997	23,1	12,997	0,385	3,847
32	2,994	2,994	26,7	12,994	0,385	3,848
33	2,997	2,923	27,3	12,923	0,387	3,869
33,9	3,16	3,160	25,1	13,16	0,380	3,799
34,4	3,37	3,370	23,7	13,37	0,374	3,740
35,3	3,72	3,720	22,6	13,72	0,364	3,644
36,1	4,02	4,020	20,8	14,02	0,357	3,566
36,9	4,14	4,140	19,6	14,14	0,354	3,536
37,7	4,24	4,240	19,1	14,24	0,351	3,511
38,4	4,35	4,350	18,8	14,35	0,348	3,484
39,2	4,52	4,520	18,5	14,52	0,344	3,444
40,2	5,55	5,550	12,9	15,55	0,322	3,215
41	5,71	5,710	12,7	15,71	0,318	3,183
42,4	8,01	8,010	4,6	18,01	0,278	2,776
43,3	9,38	9,380	2,8	19,38	0,258	2,580

Fonte: Souza (2012)

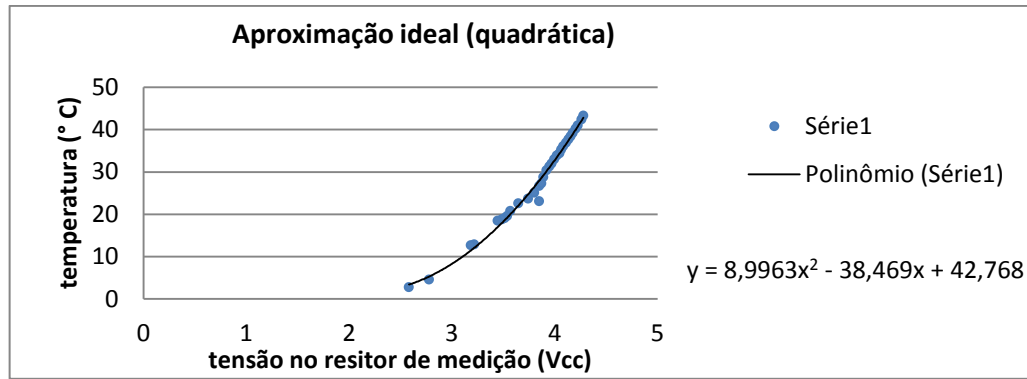


Figura 4.3: Gráfico da tensão no resistor de medição de temperatura

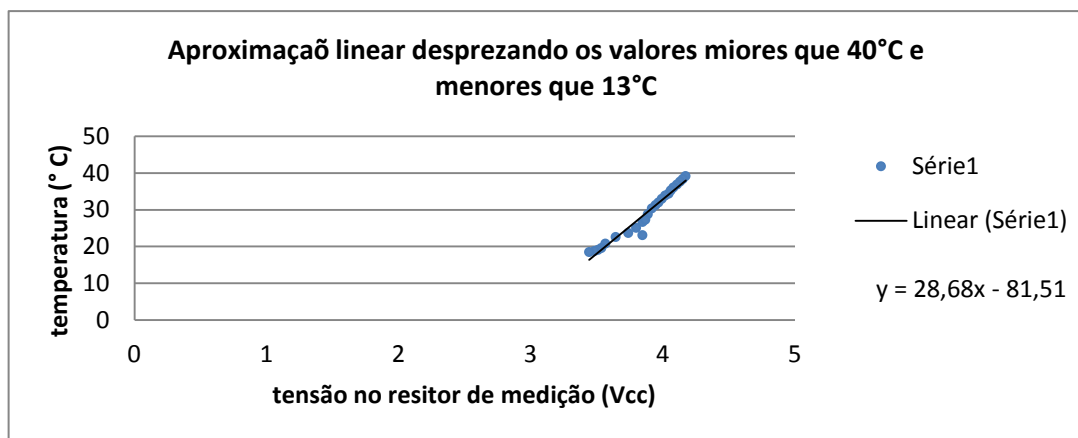


Figura 4.4: Tensão no resistor, gráfico por aproximação linear

A figura 4.5 ilustra o sensor de temperatura montado no sistema.



Figura 4.5: Sensor de temperatura no sistema

4.2.3 - Válvula proporcional desenvolvida

As válvulas proporcionais geralmente utilizam um solenoide proporcional para realizar abertura gradual. Comercialmente esse produto tem alto custo, portanto nesse projeto foi desenvolvida uma válvula a partir de um registro de gaveta comercial e um motor de passo acoplados por uma luva usinada em torno. Os passos do motor: $1,8^\circ$ por passo (200 passos por volta), são mais que suficientes para abrir proporcionalmente a válvula. A montagem descrita é mostrada na figura 4.6. Assim é concebida uma válvula de abertura gradual sem controle de vazão, que será realizado pelo sensor.



Figura 4.6: Válvula proporcional

A alimentação deste motor é de 12Vcc. Ele é controlado através de uma interface, mostrada na figura 4.7. Essa interface recebe os comandos de pulso e direção e liga o motor de passo unipolar utilizando transistores tipo BD433 (NPN). Isso ocorre, pois a corrente de alimentação do motor é de 3A, enquanto a corrente máxima suportada pela interface é de 1A.



Figura 4.7: Interface de controle do motor de passo.

4.2.4 - Sensor de vazão

Foi utilizado para medir a vazão do sistema o sensor de vazão descrito no item 3.4. Ele foi ensaiado em laboratório para determinar sua curva característica. Para facilitar a manipulação dos dados foi realizada uma aproximação de valores de vazão para cada pulso. Foi realizada a medição da vazão calculando-se o tempo gasto para encher um reservatório de 1 litro convertendo os cálculos de período para frequência. A tabela 4.2 mostra os cálculos realizados e a figura 4.8 mostra o gráfico formado.

Tabela 3 – Leitura e ajuste dos dados de vazão

Valores medidos		Conversão dos valores	
Tempo para 1 litro	Frequência Sensor (Hz)	Vazão (litros/seg)	Vazão (litros/min)
4,75	15	0,21	12,6
4,22	18	0,24	14,4
3,90	19	0,25	15
3,59	20	0,27	16,2
3,77	21	0,26	15,6
3,64	22	0,27	16,2
3,59	23	0,28	16,8
3,38	24	0,29	17,4
2,99	25	0,33	19,8
2,54	31	0,39	23,4
2,39	35	0,41	24,6

Fonte: Souza (2012)

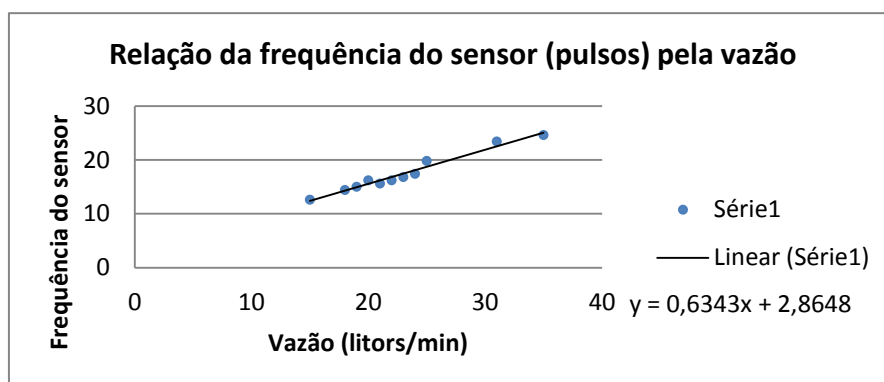


Figura 4.8: Gráfico do sensor de vazão.

Nota-se que a aproximação linear é a que mais atende a dispersão dos pontos e está de acordo com a especificação do fabricante. Para facilitar os cálculos foi realizada a

aproximação dos valores da equação de ajuste linear presente na figura 4.8 para a expressão 4.7. São os valores desta equação que serão utilizados na programação do sensor.

$$Q = 0,6 \times \text{pulsos} + 3,0 \quad (4.7)$$

sendo,

Q = vazão (em litros por minuto)

A figura 4.9 ilustra o sensor de vazão montado no sistema.



Figura 4.9: Sensor de vazão no sistema.

4.2.5 - Interface de controle

Para realizar o controle dos sistemas de modo simples e intuitivo, foi desenvolvida uma interface de controle com seis botões e um painel de LCD. Um dos botões liga e desliga o sistema, o segundo liga e desliga o fluxo de água. Os demais são utilizados para realizar aumento e diminuição dos valores de temperatura e vazão desejados. O LCD mostra os valores de ajuste a leitura de vazão e temperatura feita pelos sensores e no final o consumo de água e tempo gasto. A figura 4.10 mostra a interface projetada.



Figura 4.10: Interface de controle.

4.3 - Implementação do modelo

A implementação do modelo compõe as etapas de *hardware* e *software*.

4.3.1 - Implementação do *hardware*

O *hardware* referente ao circuito hidráulico foi montado em Tubo Aquatherm do fabricante Tigre de 22mm. O diâmetro interno do tubo é de 18mm. Ele atende as especificações de vazão e temperatura requeridos pelo sistema. Os sensores e as válvulas foram ligados ao sistema através de conexões com rosca de 3/4. A disposição dos sensores de temperatura e vazão é necessária para garantir boa medição. A figura 4.11 mostra o sistema completo.



Figura 4.11: Visão geral do sistema.

Em relação ao circuito lógico, o *hardware* foi desenvolvido com o microcontrolador PIC 16F877A. Foi utilizada a entrada analógica para o sensor de temperatura. Nos demais casos as entradas e saídas são digitais. As figuras 4.12 e 4.13 mostram, respectivamente a montagem em matriz de contatos e circuito montado no *software* Proteus. A figura 4.14 representa a ilustração dos pinos do microcontrolador utilizados.

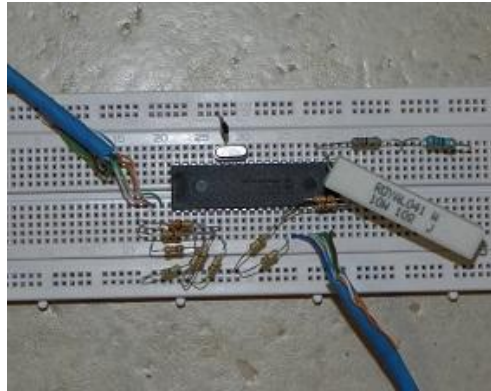


Figura 4.12: *Hardware* do circuito lógico.

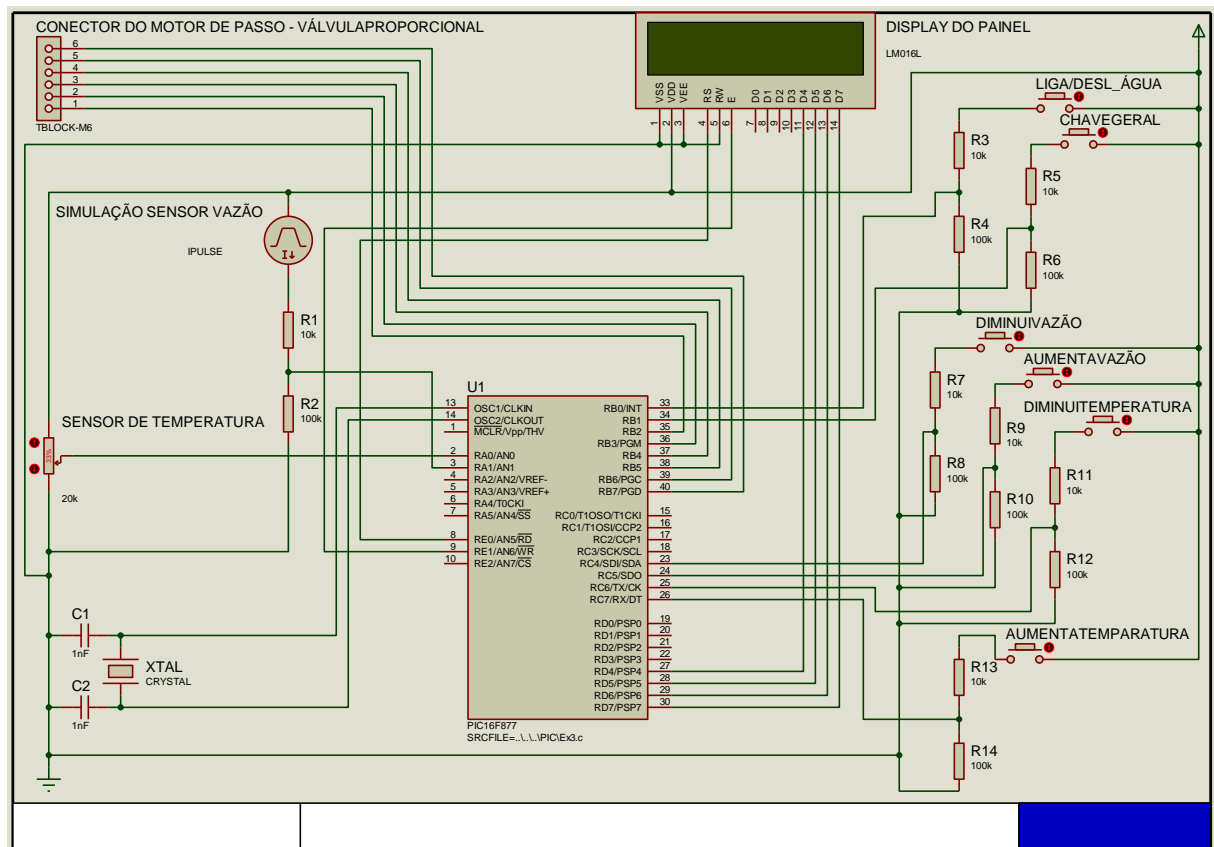


Figura 4.13: Visão da montagem de simulação na ferramenta Proteus.

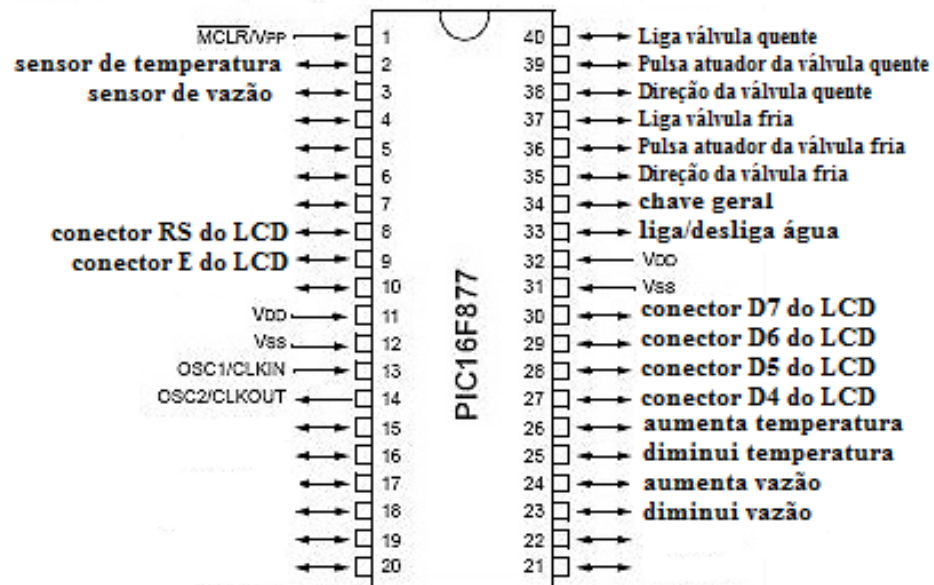


Figura 4.14: Ilustração da posição dos pinos do microcontrolador utilizados.

4.3.2 - Implementação do *software*

Esse sistema funciona em malha fechada, onde os sensores de temperatura e vazão indicam os valores lidos em determinado instante. O sistema os compara com o valor escolhido e toma uma das seguintes decisões:

- Aumentar vazão de água quente;
- Diminuir vazão de água quente;
- Aumentar vazão de água fria;
- Diminuir vazão de água fria.

Essa lógica pode ser representada pelo fluxograma presente na figura 4.15. Ao ligar o sistema é solicitado ao usuário ajustar a temperatura e vazão desejadas. Depois desse momento, ele deverá ligar o fornecimento de água. Se quiser interromper esse fluxo deverá selecionar o mesmo botão que iniciou o fluxo. Nesse momento, ele poderá religar o fluxo de água ou ajustar novos valores para temperatura e vazão. Esse ciclo se repete até que seja acionado o botão de desligar o sistema. Nesse momento é informado o tempo e a quantidade de água gasta no banho.

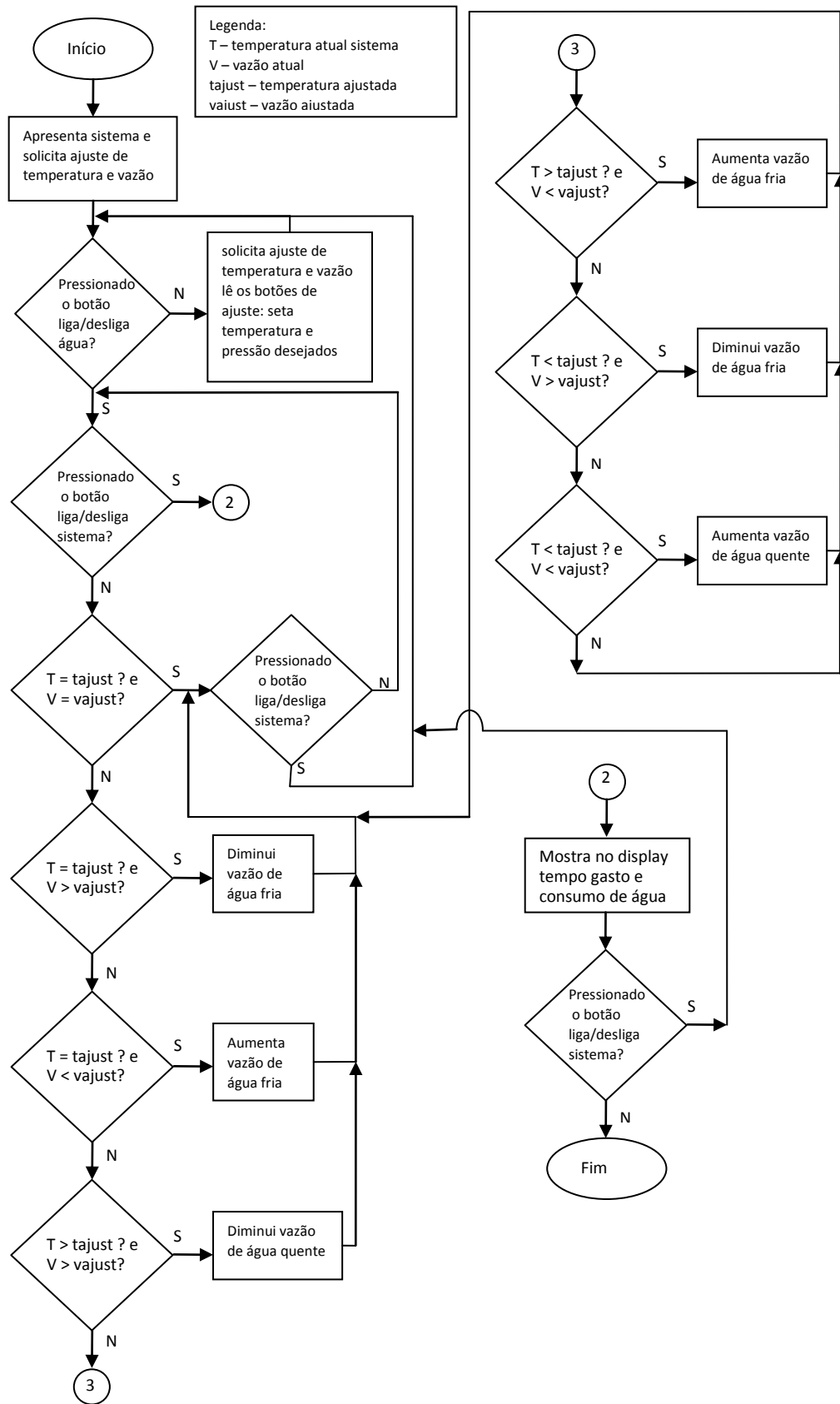


Figura 4.15: Fluxograma do projeto.

As principais partes do código C desenvolvido são mostradas a seguir:

Rotina principal:

```
void main()
{
    ...
while(TRUE)                Laço infinito, programa em funcionamento
{
    if (ChaveGeral)          aguarda a leitura da botão chave geral
    {
        liga= ~liga;
        desliga = 1;
    }
    if (liga)                Se a chave geral for acionada inicia o ajuste da temperatura e vazão
    {
        AjusteTempVazao();
    }
    if (liga)
    {
        tempo += LigaChuveiro(); registra o tempo gasto.
    }
}
```

Após a rotina principal inicia-se o ajuste da temperatura e vazão, os valores de vazão variam de 3,6 a 21 litros por minuto. O ajuste de temperatura varia de 0°C a 60°C.

```
void AjusteTempVazao()
{
    float const GradacaoTemperatura = 0.50;
    int const GradacaoVazao = 6;
    ...
}
```

As duas constantes acima representam a gradação de vazão e temperatura ajustadas pelo sistema. A temperatura pode ser ajustada a cada 0,5°C, a vazão a cada 0,6 litros por minuto.

```
    ...
while(ciclo&&liga)          testa a condição de parada ligar a água ou desligar o
{                             sistema
    ...
    Ajusta a temperatura e a vazão dentro dos limites estabelecidos.

    if (BotaoAumentaTemperatura)
    {
        if (Temperatura >= 60)
        {
            ...
        }
    }
    if (BotaoDiminuiTemperatura)
    {
        if (Temperatura <= 0)
        {
            ...
        }
    }
}
```



```

    }
  }
  if (BotaoAumentaVazao)
  {
    if (Vazao >= 210)
    {
      ...
    }
  }
  if (BotaoDiminuiVazao)
  {
    if (Vazao <= 36)
    {
      ...
    }
  }
  if (ChaveGeral)                                verifica se o botão chave geral foi pressionado
  {
    liga= ~liga;
  }
  if (BotaoLigaDesligaAgua)                      verifica se o botão água foi pressionado
  {
    ciclo= ~ciclo;
  }
}
}

```

Após esses passos o sistema liga a água e testa os valores de temperatura e vazão atuais, lidos pelos respectivos sensores, para alterar a posição das válvulas e chegar ao ajuste desejado. As seguir é comentada esta parte do código.

```

float LigaChuveiro()
{
  ...
  TemperaturaInf = Temperatura - 0.50,    seta o,limite inferior de temperatura

  while(cicloatual&&liga)
  {
    TemperaturaAtual = read_adc();        lê a tensão no sensor de temperatura
    /*
    TemperaturaAtual = (TemperaturaAtual * 5);
    TemperaturaAtual = (TemperaturaAtual / 1023); //temperatura em volts digital
    TemperaturaAtual = (TemperaturaAtual * 28,68);
    TemperaturaAtual = (TemperaturaAtual - 81,51);// temperatura em graus célsius
    aproximação por função linear
    */
  }
}

```

O texto comentado acima representa o ajuste de leitura analógica para digital e a conversão de tensão para a temperatura mostrados da tabela 4.1 e gráfico 4.4. Abaixo são

realizadas as operações de multiplicação, divisão e subtração para realizar os cálculos em uma única operação

```

TemperaturaAtual = ((TemperaturaAtual*0.14)-81.51);

// vazão
while (conta<=200)           aguarda o tempo de contagem, 1 segundo, para
{                             verificar os pulsos do sensor de vazão
    conta++;
    if (SensorVazao)         lê o sensor de vazão
    {
        pulso++;
    }
    delay_ms(5);
} //Tempo gasto: 1seg
VazaoMedida = ((pulso*8)-12);   converte pulsos em vazão
ConsumoAgua += (VazaoMedida/600); // consumo em litros por segundo
contatempo++;

```

Abaixo, são realizados as verificação dos valores de temperatura e vazão e a partir da comparação com os valores ajustados quatro ações podem ser tomadas, aumentar a vazão de água fria, aumentar a vazão de água quente, diminuir a vazão de água fria, diminuir a vazão de água quente. A final desse ciclo as válvulas são fechadas. Ao pressionar o botão chave geral é indicado no LCD o tempo e consumo de água.

```

if (Temperatura >= TemperaturaAtual && TemperaturaInf <= TemperaturaAtual
&& Vazao == VazaoMedida)
{
    Valvula = 1;
    AcaoValvula = 1;
    LigaValvula = 0;
}
else if (Temperatura >= TemperaturaAtual && TemperaturaInf <=
TemperaturaAtual && Vazao > VazaoMedida)
{
    Valvula = 0;
    AcaoValvula = 1;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura >= TemperaturaAtual && TemperaturaInf <=
TemperaturaAtual && Vazao < VazaoMedida)
{
    Valvula = 0;
    AcaoValvula = 0;
    LigaValvula = 1;
}

```

```

else if (TemperaturaInf > TemperaturaAtual && Vazao == VazaoMedida)
{
    Valvula = 1;
    AcaoValvula = 1;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura < TemperaturaAtual && Vazao == VazaoMedida)
{
    Valvula = 0;
    AcaoValvula = 0;
    LigaValvula = 1;
}
else if (TemperaturaInf > TemperaturaAtual && Vazao > VazaoMedida)
{
    Valvula = 1;
    AcaoValvula = 1;
    LigaValvula = 1;
}
else if (TemperaturaInf > TemperaturaAtual && Vazao < VazaoMedida)
{
    Valvula = 0;
    AcaoValvula = 0;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura < TemperaturaAtual && Vazao > VazaoMedida)
{
    Valvula = 0;
    AcaoValvula = 1;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura < TemperaturaAtual && Vazao < VazaoMedida)
{
    Valvula = 1;
    AcaoValvula = 0;
    LigaValvula = 1;
}
tipodado = 1;
imprime(TemperaturaAtual,VazaoMedida,tipodado);
Valvulas(Valvula,AcaoValvula,LigaValvula);
if (BotaoLigaDesligaAgua)
{
    cicloatual= ~cicloatual;
}
if (ChaveGeral)
{
    liga= ~liga;
}
}
if(cicloatual==0)
{

```

```
    Valvulas(0,0,0);  
  }  
  return(contatempo);  
}
```

4.4 - Problemas na implementação da solução

Na execução do sistema as maiores dificuldades encontradas foram em relação ao sensor de vazão que por ter uma vazão de trabalho superior à vazão do sistema obteve medições imprecisas para baixas vazões. Na tentativa de diminuir o problema foi realizada uma adaptação diminuindo o diâmetro interno do sensor e consequentemente sua vazão. Nesse caso a vazão inicial medida foi 30% menor com a adaptação.

Um grave problema a ser reportado é o acionamento das válvulas proporcionais. A opção de acionamento direto do motor no registro de gaveta necessitou de alto torque do motor. Primeiramente o motor adquirido não teve torque suficiente para acionar as válvulas. Em um segundo momento foi selecionado um motor com maior torque, porém o *drive* do motor não suportou a corrente do motor, sendo necessário a utilização de transistores para efetuar a ligação, também nesse momento foi necessária a substituição de novo motor para gerar o torque ideal, porém o sistema apresentou grande aquecimento dos componentes de potência para funcionar. É indicada a melhoria deste atuador para obtenção de um sistema mais aperfeiçoado.

CAPITULO 5 - APLICAÇÕES DO SISTEMA

O modelo construído está adaptado para a utilização em substituição as duchas convencionais. A escolha dos materiais a serem utilizados no projeto objetivou essa característica.

5.1 - Justificativa da aplicação do sistema

Em residências, o chuveiro é um dos itens com maior responsabilidade no consumo de água. A necessidade de ter um sistema mais prático e econômico motivou a execução deste projeto. A substituição dos chuveiros convencionais por similares automáticos é apenas uma questão de tempo e preço.

5.2 - Verificação das melhorias para aplicação do sistema

O desenvolvimento em larga escala, necessitará de algumas melhorias propostas no capítulo 6. Se o fator preço for vencido, os grandes fabricantes de sistemas automatizados hidráulicos poderão em pouco tempo desenvolver sistemas similares comerciais. Aqui se pode chamar a atenção para o fato de não existirem componentes no mercado que possibilitem uma implementação de baixo custo. O desenvolvimento de válvulas e sensores voltados para essa aplicação são fundamentais para o seu êxito. Outro fator que causa um grande impacto na aplicação comercial é a inclusão de um sistema de acumulação de água fria. Na figura 5.1 é mostrada essa solução.

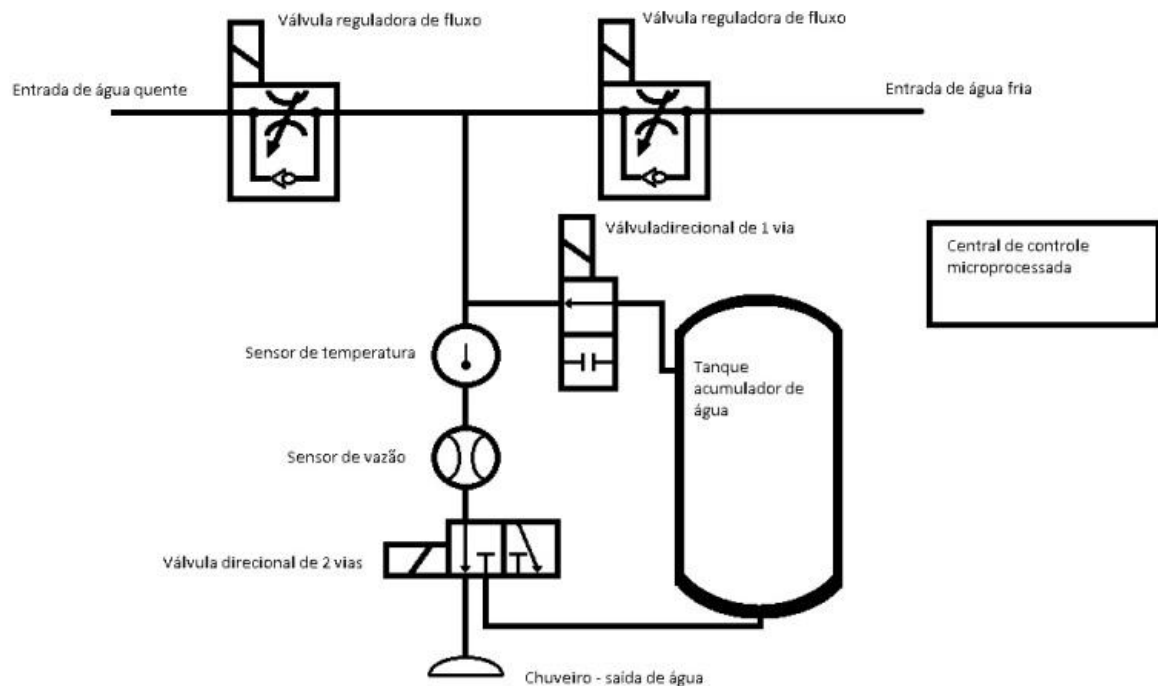


Figura 5.1: Proposta de melhoria do sistema para retenção de água fria.

Modificar o sistema para atendê-la exige em termos de *hardware* a inclusão de uma válvula de três vias, um acumulador, uma boia de nível alto e uma válvula de duas vias, em termos de *software* a programação é facilmente ajustada para atender essa aplicação, utilizando mais uma porta de entrada e duas de saída do microcontrolador.

5.3 - Custos do sistema

Para a instalação de um sistema similar ao proposto, seria necessária a substituição do sistema convencional. Em locais onde existe tampa falsa no local da ducha esse procedimento é mais fácil de ser realizado. Em locais onde a tubulação está embutida na parede os custos de modificação são altos até porque esse sistema exigiria manutenção e como foi proposto não pode ficar embutido na parede. Esses custos não foram contemplados. Para a confecção do sistema é necessário aquisição de tubulação específica para água quente, componentes eletrônicos, entre eles: sensores motores de passo e os componentes do circuito eletrônico. A tabela 5.1 mostra a estimativa dos custos de montagem.

Tabela 4 – Custos de implementação do sistema

Quantidade	Itens	Especificações	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)
1	cano para água quente	aquatherm Tigre 22mm x 3mts	42,50	42,50
4	luva soldável + rosca	aquatherm tigre 22mm x 3/4	8,57	34,28
1	junção em Y	aquatherm tigre 22mm x 3/4	45,07	45,07
1	joelho de 90°	aquatherm tigre 22mm x 1/2	12,85	12,85
1	junção em T	latão 3/4 x 1/2 ramo	5,35	5,35
1	joelho de 90°	aquatherm tigre 22mm x 1/2	12,85	12,85
1	ducha 1/2	plástico fabricante Amanco	7,99	7,99
1	registro de gaveta		35,65	35,65
2	motor de passo	unipolar 12V 3A	65,00	130,00
2	luva em aço	material e serviço de usinagem	30,00	60,00
2	suporte para motor de passo	material e serviço de usinagem	10,00	20,00
1	sensor de vazão	8030 DN20 Burkert	1.500,00	1.500,00
1	sensor de temperatura	4053 da MTE-THONSON	22,24	22,24
1	luva em latão	material e serviço de usinagem. Adaptação sensor para tubulação 1/2	25,00	25,00
1	display de LCD	JHD 204A	73,00	73,00
1	eletrônicos diversos	microcontrolador, resistores, capacitores, cristais, etc. (estimativa)	100,00	100,00
1	material acessório	cabos, termoencolhível, cola, etc. (estimativa)	50,00	50,00
TOTAL			2.046,07	2.176,78

Fonte: Souza (2012)

O maior custo apresentado nesse projeto é o válvula de fluxo, foi escolhida a que apresentava melhor resposta nessa situação, porém ela está superdimensionada nesse sistema. Outras opções de princípio de funcionamento diferente podem atender a essa demanda com menor custo. Os demais itens podem ter algum desconto adquirindo-os em conjunto, pois os itens descritos acima possuem vários fornecedores. Não foi encontrado sistema similar ao proposto, em relação à automação de controle de temperatura existem opções para duchas elétricas, seu custo tomando por base preço do site: <http://www.submarino.com.br>, a ducha Futura Turbo Multitemperaturas – Lorenzetti custa R\$ 269,10. Uma solução para controle de temperatura em sistemas com boiler foi encontrada no site www.bomcomercio.com.br/mhav o misturador automático água quente e fria, porém ele não referencia seu preço.

5.4 - Avaliação e Resultados

Os resultados de funcionamento foram positivos haja vista que o sistema realizou o controle proposto. Porém a aplicação prática deste projeto requer que o ambiente de utilização seja adaptado para o uso. Ainda não foi possível esse nível de teste. Em relação à velocidade com que o sistema se adapta a mudança de valores ele é mais eficaz que o controle manual. As medições são realizadas a cada segundo, porém esse tempo poderia ser reduzido aumentando a velocidade de resposta.

O modelo criado tem apelo à implementação comercial. Não foi encontrada aplicação semelhante, apenas controle de temperatura. Logo esse sistema requer desenvolvimento para que possa estar pronto para ser apresentado à população. As limitações deste projeto são basicamente a válvula proporcional desenvolvida que acredito pode ter seu projeto evoluído e o preço. A inclusão de um acumulador de água aumentará a economia realizada e antecipará a compensação dos gastos de aquisição e implementação.

CAPITULO 6 - CONCLUSÃO

6.1 - Conclusões

O desenvolvimento deste tipo de aplicação provoca o aprofundamento prático de diversos conhecimentos adquiridos durante o curso. Na confecção do projeto a elaboração de *hardware* alternativo ao existente usando os materiais disponíveis é um dos grandes diferenciais da engenharia. Esta aplicação de conhecimento para o desenvolvimento é realizada em laboratórios, junto a fornecedores, como no caso da confecção dos objetos usinados e no dia a dia. Este projeto reforça a necessidade de propormos inovações que serão implementadas para solucionar problemas existentes. Os testes realizados dão a indicação do caminho a seguir diante de fragilidades encontradas.

Em relação ao modelo produzido, os controles foram realizados de acordo com o proposto. O sistema é alimentado e provoca o controle a partir das duas variáveis de saída. Em relação aos resultados esperados, não foi possível a implementação em um ambiente residencial como era esperado no início do desenvolvimento por falta de adaptadores compatíveis com o sistema convencional pretendido. A velocidade de ajuste do sistema é superior à manual e mais precisa. Nesse caso não foi realizada a comparação com o sistema convencional por falta de alimentação de água quente.

O controle de vazão é efetivo, porém o superdimensionamento da válvula de vazão prejudicou a obtenção de faixas de vazão menores para o ajuste do sistema. A maior economia é alcançada neste ponto já que o sistema poderá trabalhar com valores constantes. Nos sistemas convencionais pequenos ajustes são realizados constantemente.

É possível concluir que o sistema cumpre a finalidade com que ele foi proposto. A aplicação real e as comparações podem ser mais aprofundadas assim que for possível a montagem na rede desejada.

6.2 - Sugestões para Trabalhos Futuros

Como sugestão para o desenvolvimento deste projeto pode-se verificar duas linhas de abordagem melhorias de *hardware* e de *software*.

As melhorias que podem ser aplicadas ao *hardware* criado são o desenvolvimento de soluções para a válvula proporcional e o sensor de fluxo.

Em relação à válvula proporcional pode ser estudado o desenvolvimento de solenoides proporcionais para atuar as válvulas. Atualmente esse é o tipo mais comum comercialmente, porém com alto custo para essa aplicação. A válvula poderia operar em estágios ou ter atuação contínua.

Para o sensor de fluxo o grande problema novamente é o custo. O rotâmetro se aplica bem a aplicação em questão, porém outros tipos de sensores poderiam atuar no lugar, o desenvolvimento desse tipo de sensor também é uma saída possível.

Em termos de *software*, a programação do sistema pode ser exaustivamente explorada. Como sugestão pode-se incluir procedimentos que aumentem as informações e controles usados. Podemos citar entre eles:

- Criação de perfis de utilização
- Acumulação de dados em períodos semanais, mensais, etc.
- Comparação de valores de um mesmo usuário
- Comparação de valores de vários usuários
- Envio de dados para sistema computacional objetivando levantamento estatístico
- Bloqueio ou sinalização de limites de utilização
- Criação de banco de dados com os dados de utilização.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR5626 Instalação predial de água fria**, Rio de Janeiro, 1998

ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de, THOMAZINI, Daniel. **Sensores Industriais: fundamentos e aplicações**. 1 ed.; São Paulo: Editora Érica, 2005.

BAPTISTA, Márcio Benedito, COELHO, Márcia Maria Lara Pinto. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. 3. ed.; Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

BRITES, Felipe Gonçalves, SANTOS, Vinicius Puga de Almeida. **Programa de educação tutorial da Universidade Federal Fluminense**, 2008. Disponível em: <http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>. Acesso em 10 jun. 2012

BURGESS, Neil. et al. Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices, 2012. Disponível em: <http://www.worldwildlife.org/science/LivingPlanetReport/index.html>. Acesso em 20 mai. 2012

BURKERT FLUID CONTROL SYSTEMS: CHISTIAN BÜRKERT GmbH & Co. **Product Overview Sensors, Transmitters and Controllers**, Guia de Apresentação dos produtos. [Berlin]: WOLF, 2012

DURATEX S/A. Área de produtos para instalação hidráulica básica. [S.1.]. [s.d.]. Disponível em <http://www.deca.com.br/produtos/base-registro-de-pessao-34-dn20/?cat=5995>. Acesso em 16 jun. 2012

ELETRONICA, Transistores. [S.1.]. [s.d.]. Disponível em <http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/47/37>. Acesso em 16 jun. 2012

GIMENEZ, S. P. **Microcontroladores 8051**. 1ª ed. São Paulo: Pearson, 2005.

FITZGERALD, A. E., KINGSLEY, Charles Jr., UMANS, Stephen D.; **Máquinas Elétricas**. Tradução Anatólio Laschuk. 6 ed.; Porto Alegre: Editora Bookman, 2006

GONCALVES, Vitor, OLIVEIRA, Paulo, TAVARES, Fernando. **Relatório Termostato**, 2010. Disponível em: http://pt.scribd.com/vitor_gon%C3%A7alves_4/d/37671802-Relatorio-Termostato. Acesso em 10 jun. 2012.

HVW TECHNOLOGIES, Produtos: **Categories:** Microcontrollers & Development Tools > PICmicro > PICmicro ICs. Disponível em: http://www.hvwtech.com/products_view.asp?ProductID=7. Acesso em 10 jun. 2012

MECATRÔNICA NA NET. **Tutorial Motor de Passo – Parte 1**, 2012. Disponível em: <http://mecatronicananet.blogspot.com.br/2012/04/tutorial-motor-de-passo-parte-1.html>. Acesso em 10 jun. 2012

MTE – THOMSON. Catálogo Geral – MTE – THOMSON Temperature. Catálogo. [S.l.]. [s.d.]

PÁDUA, Valter Lúcio de, HELLER Léo. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 1. ed.; Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: Programação em C**. 7. ed. São Paulo: Érica, 2007.

SOUZA, D. J. de, LAVINIA, Nicolás César. **Conectando o PIC 16F877A: Recursos Avançados**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2003.

TUNDISI, José Galixia. **A Água**. 1. ed.; São Paulo: Publifolha, 2005

VIEIRA, Andrée de Ridder, COSTA, Larissa, BARRÊTO, Samuel Roiphe. **Cadernos de Educação Ambiental Água para Vida, Água para Todos: livro das Águas**, 2006.

Disponível em:

http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/agua/educacao_ambiental_agua/. Acesso em 05 jun. 2012

APÊNDICES

APÊNDICE A - Código Fonte do Dispositivo

```

/*****
* UBICEUB
* Engenharia da Computação
* Projeto final
* Automação de chuveiro predial
* Desenvolvedor: Rubens de Lima e Souza
* Data: Junho 2012
*****/
#include <16f877A.h> // microcontrolador utilizado
#define adc=10
#define fuses xt,nowdt,noprotect,put,brownout,nolvp,nocpd,nowrt// configuração dos fusíveis
#define use delay(clock=4000000)
#include <lcd.c>
#define use fast_io(a)
#define use fast_io(b)
#define use fast_io(c)
#define use fast_io(d)
#define use fast_io(e)
#define byte porta = 0x05
#define byte portb = 0x06
#define byte portc = 0x07
#define byte portd = 0x08
#define byte porte = 0x09
/*****
* ENTRADAS *
*****/
float TemperaturaAtual = 0; // temperatura lida
float ConsumoAgua = 0; // armazena o consumo de água
float Temperatura = 0; // temperatura selecionada
int Vazao = 36; // vazao selecionada
int tipodado = 0; // tipo de dado para impressão no lcd
boolean liga = 0; //teste de liga/desliga do sistema
int pulsoquente = 0; //pulsos para abertura e fechamento da valvula quente
int pulsofrio = 0; //pulsos para abertura e fechamento da valvula fria

#define bit ChaveGeral = portb.1
#define bit BotaoLigaDesligaAgua = portb.0

#define bit BotaoAumentaTemperatura = portc.7
#define bit BotaoDiminuiTemperatura = portc.6
#define bit BotaoAumentaVazao = portc.5
#define bit BotaoDiminuiVazao = portc.4

#define bit SensorVazao = porta.1
/*****
* SAÍDAS *
*****/

#define bit LedSistemaLigado = porta.2

```

```
#bit LedTemperaturaBaixa = porta.3
#bit LedTemperaturaIdeal = porta.4
#bit LedTemperaturaAlta = porta.5
```

```
#bit LigaMotorAguaQuente = portb.4
#bit PulsoMotorAguaQuente = portb.3
#bit DirecaoMotorAguaQuente = portb.2
#bit LigaMotorAguaFria = portb.7
#bit PulsoMotorAguaFria = portb.6
#bit DirecaoMotorAguaFria = portb.5
```

```
/* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * */
```

```
void imprime(float dado1, float dado2, int tipo)
{
    dado2 = dado2/10;
    switch ( tipo )
    {
        case 0: // somente texto, inicio
        {
            lcd_putc("\fPROJETO FINAL");
            lcd_putc("\nRUBENS SOUZA");
            delay_ms(1000);
            lcd_putc("\fCHUVEIRO");
            lcd_putc("\nAUTOMATICO");
            delay_ms(1000);
            break;
        }
        case 1: // mostra temperatura e vazão
        {
            Printf(lcd_putc, "\ftemp: %1.1f C", dado1);
            Printf(lcd_putc, "\nvazao %1.1f L/min", dado2);
            break;
        }
        case 2: // mostra consumo e tempo gasto, banho acabou
        {
            dado1 = dado1/60;
            Printf(lcd_putc, "\ftempo: %1.1f min", dado1);
            Printf(lcd_putc, "\nconsumo: %1.1f L", dado2);
            delay_ms(3000);
            break;
        }
        case 3: // somente texto, solicitação de seleção
        {
            lcd_putc("\fselecione:");
            lcd_putc("\ntemperatura e ");
            delay_ms(1000);
            lcd_putc("\fvazao");
            lcd_putc("\n-----");
            delay_ms(1000);
            lcd_putc("\fAo final");
            lcd_putc("\npressione o");
            delay_ms(1000);
            lcd_putc("\fBotao ciclo");
            lcd_putc("\n-----");
        }
    }
}
```

```

        delay_ms(1000);
    break;
}
case 4: // somente texto
{
    lcd_putc("\ftemperatura");
    lcd_putc("\nmáxima");
    delay_ms(1000);
    break;
}
case 5: // somente texto
{
    lcd_putc("\ftemperatura");
    lcd_putc("\nmínima");
    delay_ms(1000);
    break;
}
case 6: // somente texto
{
    lcd_putc("\fvazao");
    lcd_putc("\nmáxima");
    delay_ms(1000);
    break;
}
case 7: // somente texto
{
    lcd_putc("\fvazao");
    lcd_putc("\nmínima");
    delay_ms(1000);
    break;
}
default:
{
    lcd_putc("\f");
    break;
}
}
}

void AjusteTempVazao()
{
    float const GradacaoTemperatura = 0.50;
    int const GradacaoVazao = 6;
    boolean ciclo = 1;
    tipodado = 3;
    imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
    tipodado = 1;
    imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
    while(ciclo&&liga)
    {
        if (BotaoAumentaTemperatura)
        {
            if (Temperatura >= 60)
            {
                tipodado = 4;

```

```

    imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
    tipodado = 1;
    imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
    delay_ms(100);
}
else
{
    Temperatura += GradacaoTemperatura;
    tipodado = 1;
    imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
    delay_ms(100);
}
}
if (BotaoDiminuiTemperatura)
{
    if (Temperatura <= 0)
    {
        tipodado = 5;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
        tipodado = 1;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
        delay_ms(100);
    }
    else
    {
        Temperatura -= GradacaoTemperatura;
        tipodado = 1;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
        delay_ms(100);
    }
}
if (BotaoAumentaVazao)
{
    if (Vazao >= 210)
    {
        tipodado = 6;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
        tipodado = 1;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
        delay_ms(100);
    }
    else
    {
        Vazao += GradacaoVazao;
        tipodado = 1;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
        delay_ms(100);
    }
}
if (BotaoDiminuiVazao)
{
    if (Vazao <= 36)
    {
        tipodado = 7;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
    }
}

```



```

        tipodado = 1;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
        delay_ms(100);
    }
    else
    {
        Vazao -= GradacaoVazao;
        tipodado = 1;
        imprime(Temperatura,Vazao,tipodado);
        delay_ms(100);
    }
}
if (ChaveGeral)
{
    liga= ~liga;
}
if (BotaoLigaDesligaAgua)
{
    ciclo= ~ciclo;
}
}
}

void pulsacao(boolean valvula)
{
    int i;
    for(i=0;i<6;i++)
    {
        if (valvula == 1)
        {
            PulsoMotorAguaQuente = 1;
        }
        else
        {
            PulsoMotorAguaFria = 1;
        }
        delay_ms(5);
        PulsoMotorAguaQuente = 0;
        PulsoMotorAguaFria = 0;
    }
}

void Valvulas(boolean val, boolean acao, boolean liga)
{
    if(liga==0&&acao==0&&val==0)
    {
        while(pulsoquente>0 || pulsofrio>0)
        {
            if(pulsoquente>0)
            {
                LigaMotorAguaQuente = 1;
                LigaMotorAguaFria = 0;
                delay_ms(1);
                DirecaoMotorAguaQuente = 0;
                pulsacao(1);
            }

```

```

        pulsoquente--;
    }
    if (pulsofrio>0)
    {
        LigaMotorAguaQuente = 0;
        LigaMotorAguaFria = 1;
        delay_ms(1);
        DirecaoMotorAguaFria = 0;
        pulsacao(0);
        pulsofrio--;
    }
}
LigaMotorAguaQuente = 0;
LigaMotorAguaFria = 0;
}
else if (liga==0)
{
    LigaMotorAguaQuente = 0;
    LigaMotorAguaFria = 0;
}
if (liga==1)
{
    if (pulsoquente<130&&acao==1&&val==1)
    {
        LigaMotorAguaQuente = 1;
        LigaMotorAguaFria = 0;
        delay_ms(1);
        DirecaoMotorAguaQuente = 1;
        pulsacao(1);
        pulsoquente++;
    }
    if (pulsoquente>0&&acao==0&&val==1)
    {
        LigaMotorAguaQuente = 1;
        LigaMotorAguaFria = 0;
        delay_ms(1);
        DirecaoMotorAguaQuente = 0;
        pulsacao(1);
        pulsoquente--;
    }
    if (pulsofrio<130&&acao==1&&val==0)
    {
        LigaMotorAguaQuente = 0;
        LigaMotorAguaFria = 1;
        delay_ms(1);
        DirecaoMotorAguaFria = 1;
        pulsacao(0);
        pulsofrio++;
    }
    if (pulsofrio>0&&acao==0&&val==0)
    {
        LigaMotorAguaQuente = 0;
        LigaMotorAguaFria = 1;
        delay_ms(1);
        DirecaoMotorAguaFria = 0;
    }
}

```

```

        pulsacao(0);
        pulsofrio--;
    }
}
}

float LigaChuveiro()
{
    int VazaoMedida = 0;
    long int contatempo = 0;    // armazena o tempo gasto
    boolean cicloatual = 1;
    boolean Valvula = 0;    // valvula selecionada: 1 valvula quente, 0 valvula fria
    boolean AcaoValvula = 0; // Ação da válvula: 0 diminui vazão, 1 aumenta vazão
    boolean LigaValvula = 0; // Acionamento das válvulas: 0 não aciona, 1 aciona
    while(cicloatual&&liga)
    {
        TemperaturaAtual = read_adc();
        /*
        TemperaturaAtual = (TemperaturaAtual * 5);
        TemperaturaAtual = (TemperaturaAtual / 1023); //temperatura em volts digital
        TemperaturaAtual = (TemperaturaAtual * 28,68);
        TemperaturaAtual = (TemperaturaAtual - 81,51); // temperatura em graus celsius aproximação por
função linear
        */
        TemperaturaAtual = ((TemperaturaAtual*0.14)-81.51);
        int conta = 0;
        int pulso = 0;
        // vazão
        while (conta<=200)
        {
            conta++;
            if (SensorVazao)
            {
                pulso++;
            }
            delay_ms(5);
        }    //Tempo gasto: 1seg
        VazaoMedida = ((pulso*6)+30);
        ConsumoAgua += (VazaoMedida/60); // consumo em litros por segundo
        contatempo++;
        if (Temperatura == TemperaturaAtual && Vazao == VazaoMedida)
        {
            Valvula = 1;
            AcaoValvula = 1;
            LigaValvula = 0;
        }
        else if (Temperatura == TemperaturaAtual && Vazao > VazaoMedida)
        {
            Valvula = 0;
            AcaoValvula = 1;
            LigaValvula = 1;
        }
        else if (Temperatura == TemperaturaAtual && Vazao < VazaoMedida)
        {
            Valvula = 0;

```

```

    AcaoValvula = 0;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura > TemperaturaAtual && Vazao == VazaoMedida)
{
    Valvula = 1;
    AcaoValvula = 1;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura < TemperaturaAtual && Vazao == VazaoMedida)
{
    Valvula = 0;
    AcaoValvula = 0;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura > TemperaturaAtual && Vazao > VazaoMedida)
{
    Valvula = 1;
    AcaoValvula = 1;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura > TemperaturaAtual && Vazao < VazaoMedida)
{
    Valvula = 0;
    AcaoValvula = 0;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura < TemperaturaAtual && Vazao > VazaoMedida)
{
    Valvula = 0;
    AcaoValvula = 1;
    LigaValvula = 1;
}
else if (Temperatura < TemperaturaAtual && Vazao < VazaoMedida)
{
    Valvula = 1;
    AcaoValvula = 0;
    LigaValvula = 1;
}
}
tipodado = 1;
imprime(TemperaturaAtual,VazaoMedida,tipodado);
Valvulas(Valvula,AcaoValvula,LigaValvula);
if (BotaoLigaDesligaAgua)
{
    cicloatual= ~cicloatual;
}
if (ChaveGeral)
{
    liga= ~liga;
}
}
if(cicloatual==0)
{
    Valvulas(0,0,0);
}

```

```

    return(contatempo);
}

void main()
{

    lcd_init(); // Inicializa o LCD
    lcd_putc ('\f'); // limpa o display

    boolean desliga = 0;
    long int tempo = 0;

    imprime(tempo,ConsumoAgua,tipodado);

    // configura microcontrolador
    setup_adc_ports (RA0_analog); //Configura Vdd e Vss como Vref
    setup_adc (adc_clock_div_32);
    setup_counters (rtcc_internal, WDT_2304MS);
    set_adc_channel (0);

    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(FALSE);

    // configura os tris
    set_tris_a(0b11000011); // configuração da direção dos pinos de I/O
    set_tris_b(0b00000011);
    set_tris_c(0b11111111);
    set_tris_d(0b00000000);
    set_tris_e(0b00000000);
    // inicializa os ports
    porta=0x00; // limpa porta
    portb=0x00; // limpa portb
    portc=0x00; // limpa portc
    portd=0x00; // limpa portd
    porte=0x00; // limpa porte

    while(TRUE) // rotina principal
    {
        if (ChaveGeral)
        {
            liga= ~liga;
            desliga = 1;
        }
        if (liga)
        {
            AjusteTempVazao();
        }
        if (liga)
        {
            tempo += LigaChuveiro();
        }
    }
}

```

```
if (!liga&&desliga) // mostra consumo
{
    tipodado = 2;
    imprime(tempo,ConsumoAgua,tipodado);
    desliga = 0;
    tempo = 0;
}
}
}

/* ****
* Fim do Programa *
*****/
```

ANEXOS

Anexo A – Manual de instruções do sensor 8030

PADDLE-WHEEL FLOW SENSOR



8030

Instruction Manual

© Bürkert 2004

Subject to technical change without notice

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03,01,2012 Status: RL (released | freigegeben)

bürkert
FLUID CONTROL SYSTEMS

Table of contents

1 SAFETY RECOMMENDATIONS.....	4
1.1 Utilisation.....	4
1.2 Precautions at installation and commissioning.....	5
1.3 Conformity to standards	5
2 DESCRIPTION	6
2.1 Design and measuring principle.....	6
2.2 Available versions.....	7
3 TECHNICAL SPECIFICATIONS.....	8
4 INSTALLATION	14
4.1 General recommendations	14
4.2 Mounting on the pipe	14

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

4.3 Electrical connection	15
4.3.1 Cable plug EN 175301-803 (type 2508, supplied)	16
4.3.3 Wiring of the frequency output (transistor outputs, NPN and PNP): pulse version (Hall effect sensor)	17
4.3.4 Wiring of the frequency output (NPN transistor output): pulse version (Low Power Hall effect sensor)	18
5 ANNEX.....	20
5.1 Flow-velocity-DN diagrams	20
5.2 Description of the label of the sensor SE30	22
5.3 Possible combinations with the pulse version (Hall effect sensor).....	23
5.4 Possible combinations with the pulse version (Low Power Hall effect sensor).....	24
5.5 Connection examples	25

1 SAFETY RECOMMENDATIONS

Flow sensor 8030

ENGLISH

ENGLISH



Always respect the safety instructions marked by the symbol opposite as well as those included in the manual.

1.1 Utilisation

The 8030 sensor is designed for measuring the flow of neutral or slightly aggressive solid free liquids.

There will be no manufacturer warranty for damages caused by unexpected handling or wrong usage of the device. The warranty on the device becomes invalid if any modification or change is made on the device.



The device should only be installed and repaired by specialist staff. If any difficulties may occur with the product during installation, please contact your nearest Bürkert sales office for assistance.

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

1.2 Precautions at installation and commissioning

- Always ensure the materials in contact with the medium to measure are chemically compatible with this medium.
- To clean the device, only use chemically compatible products.
- Always protect the device from electromagnetic perturbations, ultraviolet radiations and, when installed outside, from the effects of climatic conditions.



When dismantling the sensor from the pipe, take all the necessary precautions linked to the process.

1.3 Conformity to standards

EMC: EN 50081-1, 61000-6-2

ENGLISH

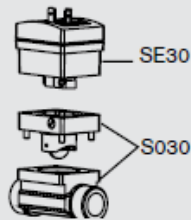
ENGLISH

2 DESCRIPTION

Flow sensor 8030

ENGLISH

ENGLISH



2.1 Design and measuring principle

The 8030 flow sensor is made up of an SE30 electronic module and an S030 fitting with integrated paddle-wheel.

The sensor detects the rotation of the paddle-wheel which generates a signal whose frequency f is proportional to the flow rate Q , according to the following formula:

$f = K \cdot Q$

- f = frequency in Hertz (Hz)
- K = K factor specific to each S030 fitting, in pulse/litre
- Q = flow rate in litre/second

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

Following versions of the electronic module are available:

- either with 2 pulse outputs (Hall effect sensor with 2 transistor outputs, NPN and PNP),
- either with 1 pulse output (Low Power Hall effect sensor with 1 NPN transistor output).

The electrical connection is carried out via a cable plug EN 175301-803 (type 2508).

2.2 Available versions

Order code table for SE30 electronic modules

Voltage supply	Frequency output	Electrical connection	Order code
12-36 VDC	Pulse, Hall effect: 1 transistor NPN + 1 transistor PNP	Cable plug EN 175301-803	423913
via Bürkert transmitter	Pulse, Low power Hall effect: 1 transistor NPN	Cable plug EN 175301-803	423914

ENGLISH

ENGLISH

3 TECHNICAL SPECIFICATIONS

Flow sensor 8030

ENGLISH

General features

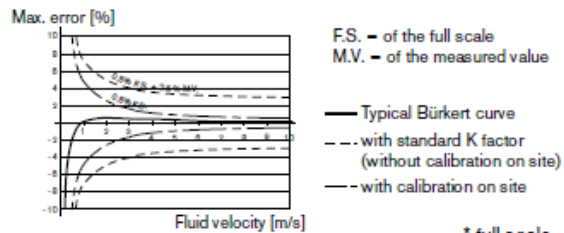
Pipe diameter	DN6 to DN65 (1/4" to 2" 1/2); determine the appropriate diameter using the flow-velocity-DN diagrams (see Annex)
Fluid temperature, max.	100 °C, stainless steel, brass, PVDF 80 °C, PP 50 °C, PVC
Fluid pressure	depends on the fitting material; see temperature-pressure dependency diagram
Fluid viscosity	300 cSt max.
Rate of solid particles	max. 1%
Measuring range	0,3 m/s to 10 m/s
Linearity	$\leq \pm 0.5$ % of the full scale*
Repeatability	0.4% of the measured value
Measuring element	paddle-wheel of the S030 fitting, 2 pulses per turn

* full scale = 10 m/s

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

Accuracy

$\leq \pm 0.5$ % of the full scale*, with calibration on site (for example by using the Teach-in feature of a 8025 transmitter in a separate version)
 $\leq \pm (0.5$ % of the full scale* + 2.5% of the measured value), with standard K factor



* full scale = 10 m/s

These values have been determined in the following reference conditions: medium = water, water and ambient temperatures = 20 °C, min. upwards and downwards distances respected, appropriate pipe dimensions.

ENGLISH

ENGLISH

3 TECHNICAL SPECIFICATIONS

Flow sensor 8030

ENGLISH

Electrical features

Hall effect pulse version

Power supply	12-36 VDC
Current consumption	max. 30 mA (without load)
Protection against polarity reversal	yes
Protection against voltage peaks	yes
Output data	NPN and PNP transistors, open collector, 100 mA max., NPN output: 0,2-36 VDC and PNP output: supply voltage (see example in the Annex) frequency up to 300 Hz (frequency = K factor x flow rate; for the K factor value, refer to the instruction manual of the fitting)
Protection against short-circuits	yes
Cable length	max. 50 m, shielded (up to 500 m, depending on the cable impedance and the current consumption)

Low Power Hall effect pulse version

Power supply	12-36 VDC, via a Burkert transmitter
Current consumption	< 800 µA
Output data	transistor NPN, open collector, 10 mA max., frequency up to 300 Hz, duty cycle = 1/2 ±10% (frequency = K factor x flow rate; for the K factor value, refer to the instruction manual of the fitting)

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

Cable length,	max. 50 m, shielded
Cable cross section,	max. 1.5 mm ²

Electrical connection

Any version	cable plug EN 175301-803 (type 2508, supplied)
-------------	--

Materials

Housing	PC
Seal	FKM, standard (EPDM, option)
Fitting S030	
- housing	stainless steel (316L/DIN1.4404), brass, PVC, PP, PVDF
- paddle-wheel	PVDF (PP on request)
- axis and bearings	ceramics

Environment

Ambient and storage temperatures	-15 °C to +60 °C
Relative humidity	< 80%, non condensated
Protection rating of housing	IP65, the connector being plugged-in and tightened

ENGLISH

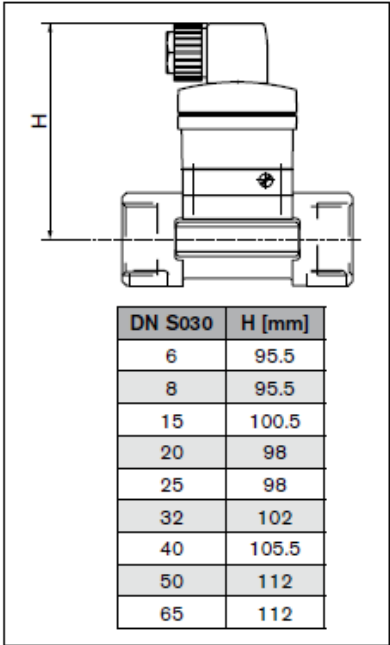
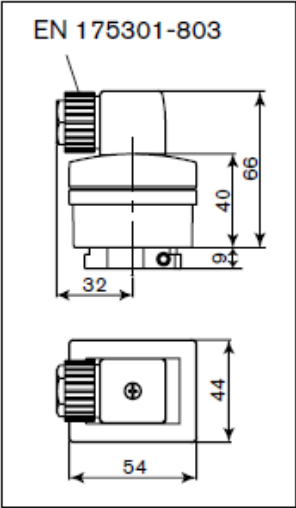
ENGLISH

3 TECHNICAL SPECIFICATIONS

Flow sensor 8030

ENGLISH

Dimensions (mm)



ENGLISH

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

ENGLISH

ENGLISH

4 INSTALLATION

Flow sensor 8030

ENGLISH

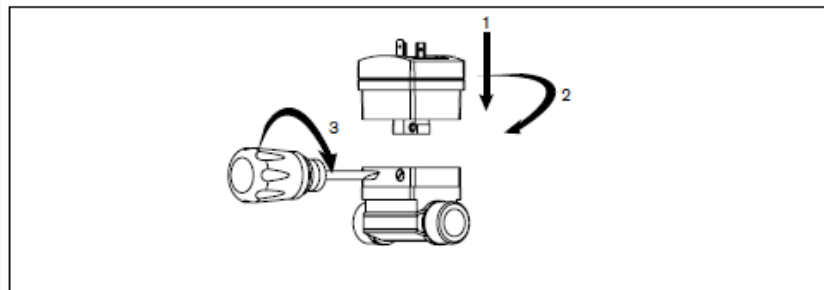
ENGLISH

4.1 General recommendations

Always check the chemical compatibility of the materials the sensor is made of with the products it may be in contact with.
For more information, please contact your Bürkert sales office.

4.2 Mounting on the pipe

The SE30 electronic module is combined with an S030 fitting for the installation on a pipe.
During mounting, follow the instructions given with the fitting S030.



MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

4.3 Electrical connection

Always ensure the power supply is switched off before working on the device.
The connector must be plugged out.

- Use cables with an operating temperature suited with the process conditions.
- For normal operating conditions the measuring signal can be transmitted by a shielded cable of 0,75 mm² cross section.
- The cable must not be installed in combination with carrying lines with a higher voltage or frequency.
- If a combined installation cannot be avoided, a minimum space of 30 cm should be respected.
- Use a high quality voltage supply (filtered and regulated).



Install an appropriate fuse for the power supply.

ENGLISH

ENGLISH

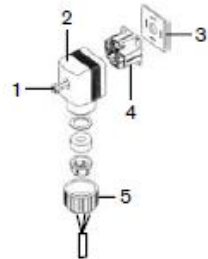
4 INSTALLATION

Flow sensor 8030

ENGLISH

ENGLISH

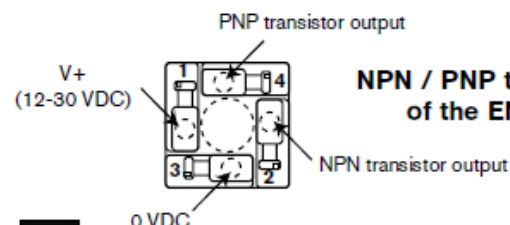
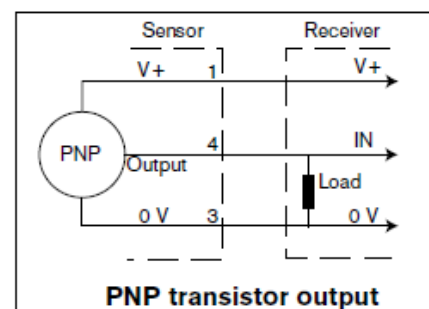
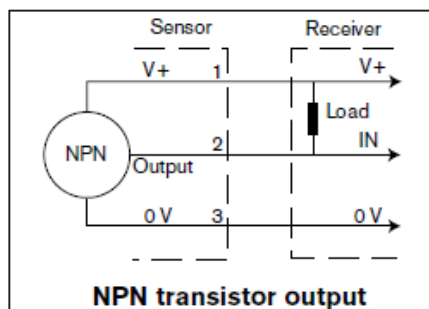
4.3.1 Cable plug EN 175301-803 (type 2508, supplied)



- Extract part [4] from part [2]
- Unscrew cable gland [5]
- Insert cable into part [2] through cable gland [5]
- Wire part [4] as described in paragraph 4.3.2 or 4.3.3
- Insert part [4] back
- Fasten cable gland [5]
- Place gasket [3] between the cable plug and the fixed connector
- Connect the cable plug to the sensor
- Fasten screw [1] to ensure tightness and correct electrical contact.

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

4.3.3 Wiring of the frequency output (transistor outputs, NPN and PNP): pulse version (Hall effect sensor)



NPN / PNP transistor output connection of the EN 175301-803 cable plug



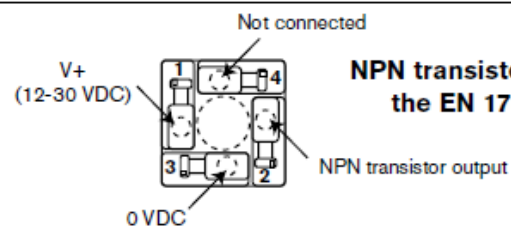
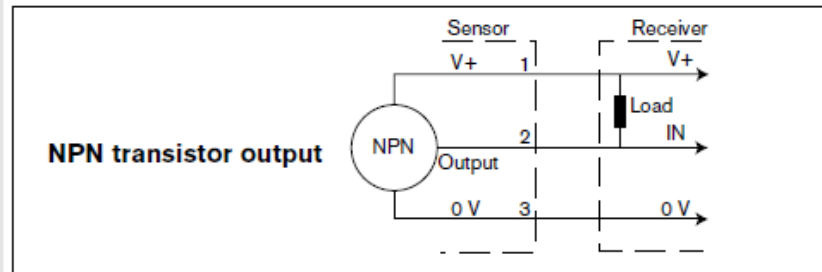
Earth the cable at both ends.

4 INSTALLATION

Flow sensor 8030

ENGLISH

4.3.4 Wiring of the frequency output (NPN transistor output): pulse version (Low Power Hall effect sensor)

**Earth the cable at both ends.**

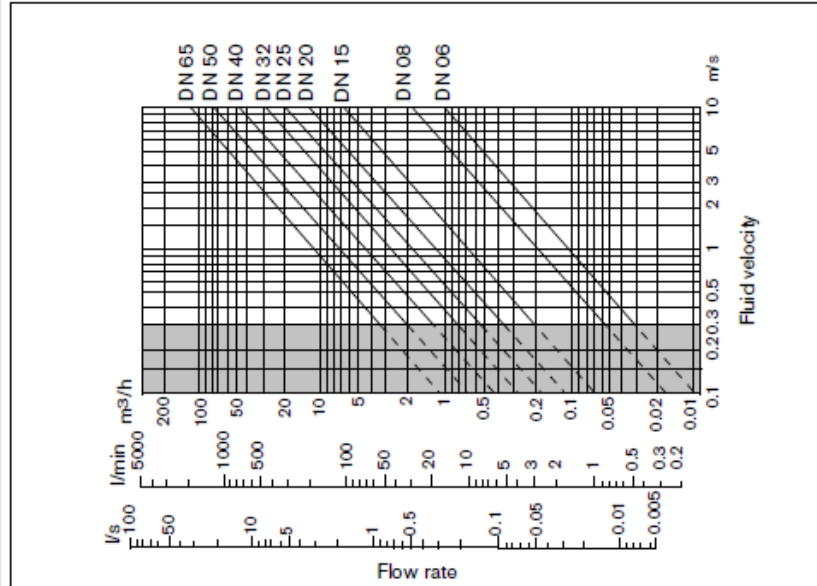
MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

ENGLISH

ENGLISH

ENGLISH

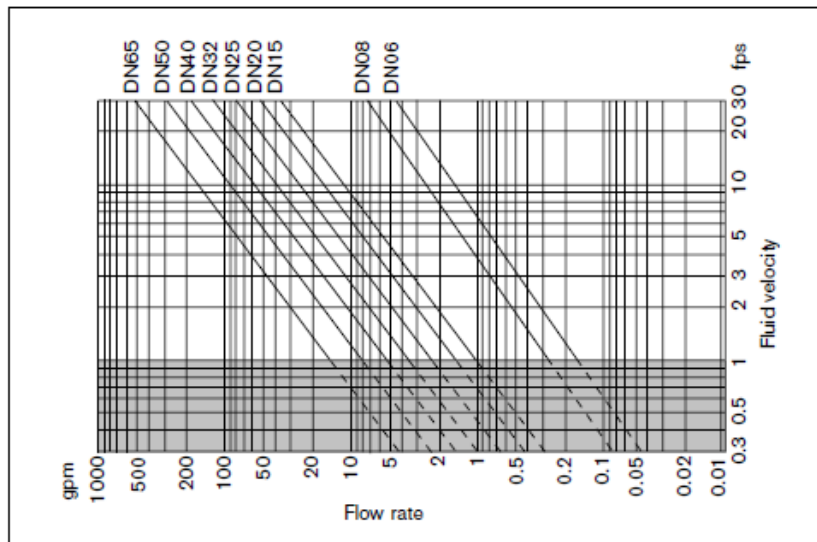
5.1 Flow-velocity-DN diagrams



MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

ENGLISH

ENGLISH

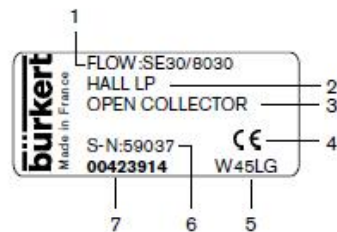


MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

8030

ENGLISH

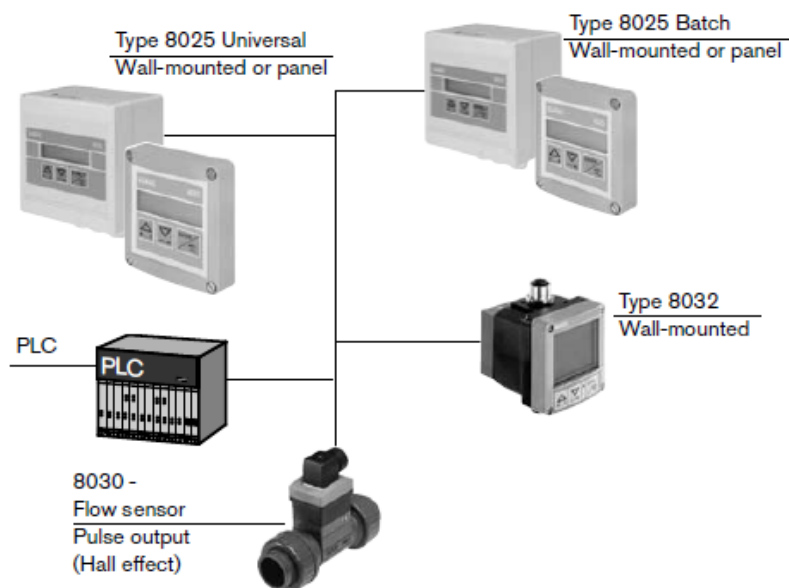
5.2 Description of the label of the sensor SE30



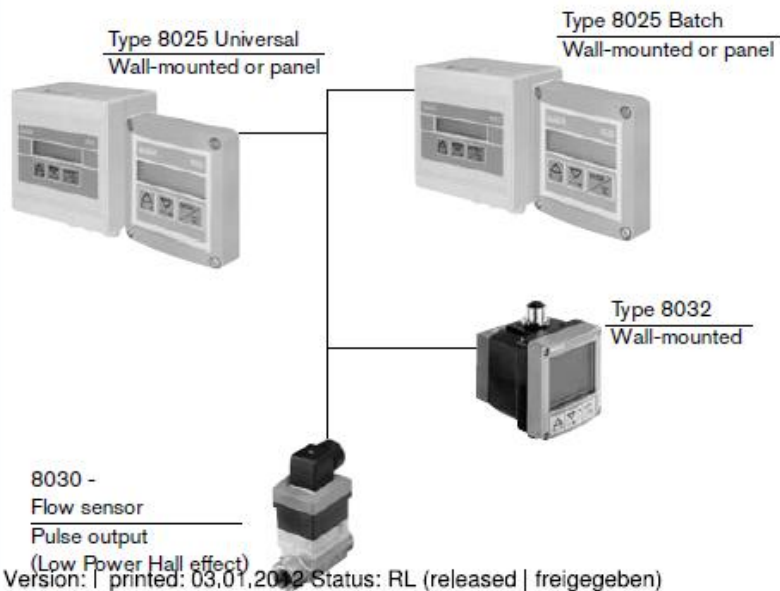
1. Type of sensor
2. Sensor data and, possibly, power supply
3. Output data
4. CE Logo
5. Manufacturer code
6. Serial number
7. Order number

MAN 1000010359 ML Version: | printed: 03.01.2012 Status: RL (released | freigegeben)

5.3 Possible combinations with the pulse version (Hall effect sensor)

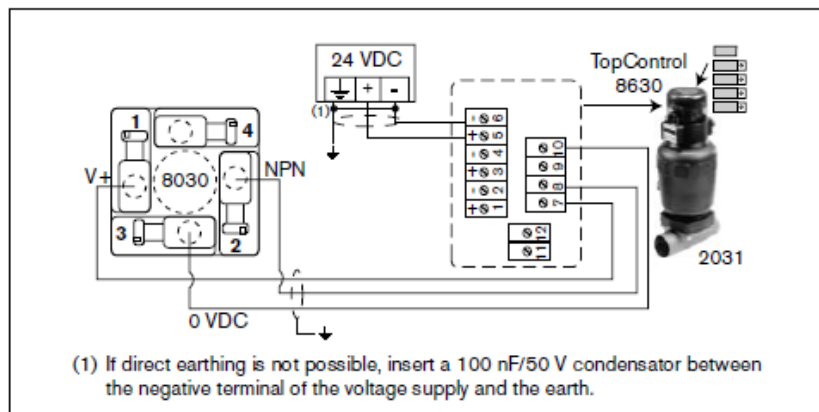


5.4 Possible combinations with the pulse version (Low Power Hall effect sensor)



5.5 Connection examples

Connection of an Hall effect 8030 to a TopControl 8630 with cable gland, mounted on a 2031 diaphragm valve.

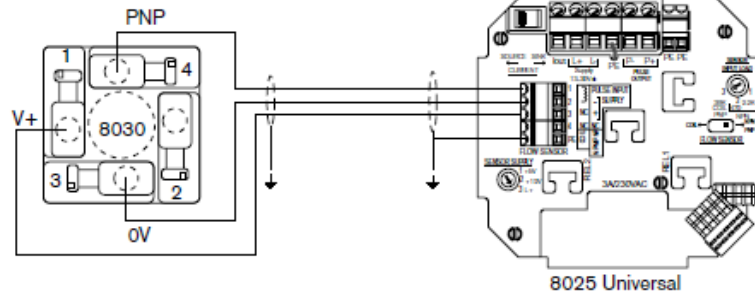


5 ANNEX

Flow sensor 8030

ENGLISH

Connection of an 8030, pulse version (example shows connection of the PNP output) to an 8025 Universal transmitter, panel version, 13-30 VDC.



Refer to the instruction manual of the 8025 Universal transmitter to correctly set selectors on the electronic board of the 8025 Universal.

ENGLISH